

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**КАФЕДРА ВОДОСНАБЖЕНИЯ, ВОДООТВЕДЕНИЯ
И ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ**

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ПРИРОДНЫХ И СТОЧНЫХ ВОД

**Сборник статей
региональной научно-технической конференции**

26 сентября 2019 г.

Брест 2019

УДК 628:502.1(476.7)(062)

П 27

Рецензенты:

*кандидат технических наук,
управляющий ООО «ТрастИнжиниринг»
Яковчиц Михаил Владимирович*

*кандидат биологических наук, доцент,
директор ГНУ «Полеский аграрно-экологический институт НАН Беларуси»
Михальчук Николай Васильевич*

Редколлегия:

*Белов С. Г., к.т.н., доцент
Волчек А. А., д.г.н., профессор
Житенёв Б. Н., к.т.н., доцент
Волкова Г. А., к.т.н., доцент
Боровикова Е. А., начальник редакционно-издательского отдела*

П 27 Перспективные методы очистки природных и сточных вод: сборник статей регион. науч.-техн. конф., Брест, 26 сент. 2019 г. / редкол.: С.Г. Белов [и др.]. – Брест: БрГТУ, 2019. – 79 с.

ISBN 978-985-493-466-2

В настоящем сборнике публикуются материалы региональной научно-технической конференции «Перспективные методы очистки природных и сточных вод», которая состоялась 26 сентября 2019 года в Брестском государственном техническом университете в честь 50-летия кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов.

В издании представлены статьи, посвященные актуальным вопросам водоподготовки и очистки сточных вод, проблематике рационального использования водных ресурсов.

УДК 628:502.1(476.7)(062)

ISBN 978-985-493-466-2

© Издательство «БрГТУ», 2019

КРАТКАЯ ИСТОРИЯ СТАНОВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ КАФЕДРЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ, ВОДООТВЕДЕНИЯ И ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Белов С. Г.

УО «Брестский государственный технический университет», г. Брест

Кафедра «Водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов» является одной из старейших кафедр университета. Её история начинается с декабря 1968 года, когда по приказу первого ректора Брестского инженерно-строительного института Белогорцева Игоря Дмитриевича была образована кафедра «Гидравлика и сантехника». Первым заведующим кафедрой был назначен Карасёв Борис Васильевич, кандидат технических наук, доцент, участник Великой Отечественной войны, имеющий боевые награды. В качестве заведующего кафедрой он работал до 1973 года, причём с 1971 по 1973 год он одновременно являлся деканом гидромелиоративного факультета, образованного в 1971 году. В 1971 году кафедра получает новое название – «Очистка воды, канализация и сантехника». Как следует из этого названия, основным научным направлением кафедры являлась канализация и сантехника.

С 1973 года Карасёв Б. В. сосредоточивается на руководстве факультетом, а новым заведующим кафедрой становится Кравцов Марат Васильевич, кандидат технических наук, доцент. При его руководстве кафедра меняет название на «Гидравлика и водоснабжение». Приоритетным научным направлением кафедры в этот период становится гидравлика, которая являлась основой кандидатской диссертации нового заведующего.

С 1976 года начинается новый этап становления кафедры, поскольку новым заведующим назначается Строкач Пётр Павлович, кандидат технических наук, профессор. Молодым сотрудникам кафедры он в первую очередь известен по его печатной работе «Практикум по технологии очистки природных вод». Данное пособие до сих пор активно используется в учебном процессе при выполнении лабораторных работ. Основным научным интересом Строкача П. П. была химия, видимо поэтому в 1977 году кафедра меняет название на «Водоснабжение и очистка природных вод».

В 1980 году происходит очередная смена руководства кафедрой и начинается двухлетний период неопределенности, в течение которого сменяются два заведующих кафедрой – Голуб Михаил Владимирович, доктор технических наук, профессор (1980-1981) и Новиков Владимир Макарович, кандидат технических наук, доцент (1981-1982), и появляется новое название кафедры – «Водоснабжение, водоотведение и технология воды». Необходимо отметить, что данное название было созвучно современному, только не совсем ясен термин «технология воды».

Период неопределенности в руководстве и научном направлении кафедры закончился в 1982 году, со вступлением в должность заведующего кафедрой Васина Николая Васильевича, кандидата технических наук, доцента, приехавшего работать в Брест из Казахстана. Васин Н. В. проработал в качестве заведующего с 1982 по 1988 год. При его руководстве кафедра получает новое название – «Водные ресурсы и системы», по мнению автора, слабо отражающее направление подготовки студентов. По воспоминаниям некоторых ветеранов кафедры, в данный период активно велась хоздоговорная работа.

В 1988 году Васин Н. В. уезжает в Минск, а заведующим кафедрой становится Яромский Виктор Николаевич, кандидат технических наук, доцент. Наступает самый длительный период руководства кафедрой одним заведующим – 14 лет (с 1988 года

по 2002 год). За это время дважды меняется название кафедры, в начале предсказуемо в 1988 году – «Водоснабжение, водоотведение и канализация» (не совсем ясно, чем отличаются по сути термины «водоотведение» и «канализация») и затем в 1998 году – на «Водоснабжение, водоотведение и теплоснабжение», очевидно, в связи с приходом на кафедру специалистов в области теплотехники, таких как Северянин Виталий Степанович, доктор технических наук, профессор, Черников Игорь Анатольевич, кандидат технических наук, доцент. С данного периода наступает определенная преемственность в учебной и научной деятельности кафедры, которая проявляется в прекращении смены названий с приходом новых заведующих.

После ухода с должности заведующего кафедрой Яромского В. Н. в 2002 году и небольшого периода неопределенности (несколько месяцев), в течение которого обязанности заведующего кафедрой исполнял Северянин Виталий Степанович, доктор технических наук, профессор, кафедру возглавил Житенев Борис Николаевич, кандидат технических наук, доцент. Житенев Б. Н. возглавлял кафедру с 2002 по 2014 год, при его руководстве название кафедры сменилось один раз, по объективной причине. В 2009 году кафедра «Водоснабжение, водоотведение и, теплоснабжение» разделилась на две кафедры – «Теплогасоснабжение и вентиляция» и, соответственно, «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов». Житенев Б. Н. продолжает активно работать на кафедре по настоящее время, практически весь преподавательский состав кафедры был сформирован при руководстве Бориса Николаевича. Необходимо так же отметить, что Житенев Б. Н. является одним из старейших сотрудников университета, окончившим БИСИ в 1973 году (третий выпуск), ставшим сотрудником университета в 1977 году.

С 2014 по 2016 год обязанности заведующего кафедрой исполняла Волкова Галина Александровна, кандидат технических наук, доцент. В данный период начинают проявляться определенные сложности в работе кафедры, связанные с ухудшением демографической ситуации в Республике Беларусь (сокращение числа абитуриентов).

С 2016 года кафедрой руководит автор данного обзора. Название кафедры по сегодняшний день остается неизменным с 2009 года, так как за длительную историю становления и развития кафедры приобрело свое наиболее верное, отражающее учебное и научное направление работы (по мнению автора).

В настоящее время на кафедре работает 16 человек, из них – 12 из числа профессорско-преподавательского состава и 4 – учебно-вспомогательный персонал. Три штатных преподавателя кафедры имеют ученые степени и научные звания: Белов С. Г., кандидат технических наук, доцент, Житенев Б. Н., кандидат технических наук, доцент, Волкова Г. А., кандидат технических наук, доцент. Пять преподавателей кафедры активно работают над кандидатскими диссертациями, все молодые преподаватели кафедры имеют диплом магистра. С 2006 года кафедра проводит подготовку по второй ступени высшего образования – магистратуре. По сегодняшний день степень магистра была присвоена более 25 магистрантам.

Выполняемая на кафедре учебная работа неразрывно связана с производством. Студенты в процессе обучения проводят занятия на профильных предприятиях, проходят все виды практик на предприятиях водопроводно-канализационного хозяйства, на КУП «Брестводоканал» действует филиал кафедры, специалисты с производственных предприятий привлекаются к работе в ГЭК.

Научная работа кафедры в настоящее время является практикоориентированной, т. е., кроме публикаций результатов исследований в научных журналах и участия в научных конференциях, на кафедре выполняются хоздоговорные работы, требующие высокой научной квалификации. За последние 10 лет кафедрой было выполнено более 20 таких работ, наиболее значимыми из которых являются: «Исследование физи-

ко-химических свойств дренажных вод мелового карьера и разработка научно-обоснованных рекомендаций по их очистке до норм сброса в р. Рита Малоритского района Брестской области», «Рекомендации по оптимизации работы ГОС канализации г. Волковыска с целью предотвращения вспухания активного ила в сооружениях биологической очистки», «Научно-обоснованные рекомендации по подбору озонатора для доочистки ГСВ г. Осиповичи», «Определение аэрационных и энергетических характеристик пневмоаэраторов на основе результатов стендовых испытаний массо-передачи кислорода в соответствии с ASCE-2006 (тестирование SOTE)», «Научно-обоснованный метод по обезжелезиванию воды для питьевых нужд с помощью озона аг. Величковичи». Также с 2012 по 2014 год кафедра участвовала в международном проекте по снижению эвтрофикации Балтийского моря («Project on Reduction of the Eutrophication of the Baltic Sea Today (PRESTO)»).

В заключение необходимо отметить, что за годы своего существования кафедра подготовила большое количество специалистов, занимающих высокие должности на предприятиях водопроводно-канализационного хозяйства Республики Беларусь. Наиболее известным выпускником данной кафедры является Мясникович Михаил Владимирович, доктор экономических наук, профессор. Мясникович М. В. окончил БИСИ в 1972 году (второй выпуск) и получил распределение на работу в Минск. С 1983 года занимал высокие государственные должности: являлся министром ЖКХ БССР, заместителем председателя Совета Министров РБ, председателем Госэкономплана, первым заместителем председателя Совета Министров РБ, главой администрации Президента РБ, президентом НАН РБ, премьер-министром РБ, в настоящее время занимает должность председателя госсвета РБ.

Список использованных источников

1. Кудрицкий, В. Н. Наша история. 40-летию Брестского государственного технического университета посвящается (1966-2006 гг.). – Брест, БГТУ, 2006. – 170 с.

УДК628.3

ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ БРИКЕТИРОВАННОГО ТОРФА ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

Житенёв Б. Н., Сенчук Д. Д.

УО «Брестский государственный технический университет», г. Брест

Введение. На большинстве предприятий, выпускающих изделия, содержащие металлы, предусмотрены технологические процессы нанесения защитных покрытий, во многих случаях используется цинкование, хромирование, никелирование, омеднение и т. п. В результате образуются высокотоксичные воды, содержащие ионы тяжелых металлов: цинка, хрома, никеля, меди, железа и др.

Сброс их в коммунальную систему водоотведения приводит к неизбежному транзиту в водотоки – приемники сточных вод, поскольку на сооружениях биологической очистки эффект удаления составляет от 20 до 65 % в зависимости от природы катиона. Для очистки таких вод применяются реагентные, электрохимические и ионообменные методы. Значения предельно допустимых концентраций (ПДК) ионов тяжелых металлов для сброса в коммунальные системы водоснабжения постоянно ужесточаются. Что вызывает необходимость более глубокой очистки таких сточных вод. Это может быть достигнуто использованием ионообменных методов, при этом очист-

ка может осуществляться как на синтетических, так и на природных сорбентах. При этом происходит обмен находящихся в растворе ионов тяжелых металлов на ионы водорода, натрия или калия, изначально закрепленных на матрице сорбента. Невысокая стоимость, доступность, экологическая безопасность объясняют возрастающее количество научных публикаций, посвященных очистке сточных вод с помощью торфа.

Обзор литературных данных позволяет сделать вывод о том, что разработка усовершенствованных технологий очистки сточных вод с использованием торфа является весьма перспективным направлением. В литературе отсутствуют достаточно полные данные об использовании брикетированного торфа в качестве сорбента. В Республике Беларусь имеются значительные запасы торфа, масштабные производства торфобрикетов, это создает реальные предпосылки для выпуска дешевых, экологически безопасных сорбентов на основе модифицированного брикетированного торфа. Настоящая работа посвящена исследованию сорбционных свойств брикетированного торфа для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов, на примере ионов железа.

Экспериментальная часть. Эксперименты производились с использованием торфобрикетов производства торфобрикетного завода «Гатча-Осовское», расположенного в Жабинковском районе Брестской области. Брикет механическим способом гранулировали, затем рассеивали через набор сит калибром 1,00 – 2,00– 3,25 – 3,75 – 4,50 – 5,50 мм. В результате были получены образцы крупностью < 1мм, 1,00 – 2,00 мм, 2,00 – 3,25 мм, 3,25 – 3,75 мм, 3,75 – 4,50 мм, 4,50 – 5,50 мм. В качестве ионов тяжелых металлов использовался ион железа (III), концентрация в исходном имитаторе сточных вод составляла 10 мг/дм³. В стакан помещали 100 мл раствора и добавляли 10 г гранул торфа. Затем суспензию перемешивали с помощью механических мешалок в течение 20, 40, 60 минут.

Затем растворы фильтровали через бумажный фильтр и определяли остаточное содержание ионов железа (III).

Результаты и их обсуждение. Эффект очистки воды от ионов железа рассчитывался по формуле:

$$\mathcal{E} = \left(\frac{C_1 - C_2}{C_1} \right) \cdot 100 \% , \quad (1)$$

C_1, C_2 – соответственно массовая концентрация ионов железа до и после опыта.



Рисунок 1 – Общий вид экспериментальной установки

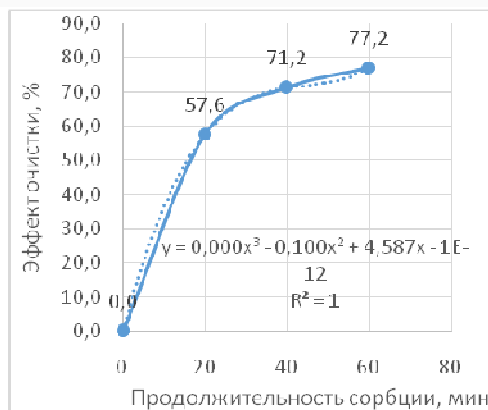


Рисунок 2 – Зависимость эффекта сорбции от продолжительности контакта, мин.

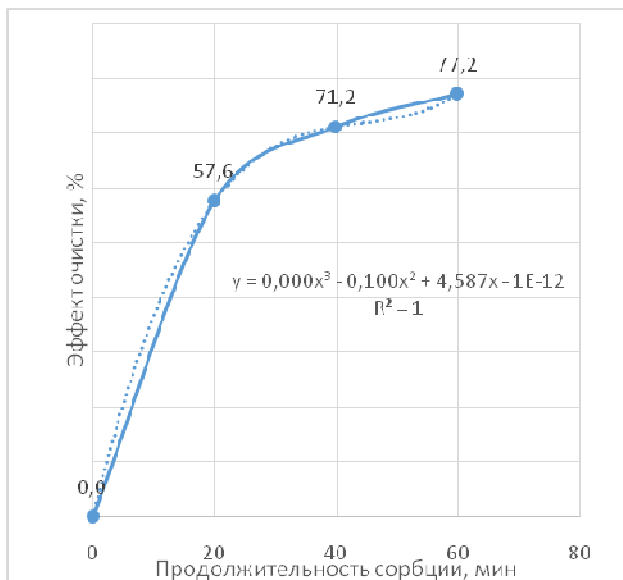


Рисунок 3 – Зависимость степени достижения равновесия от продолжительности контакта брикетированного торфа с раствором, содержащим ионы железа

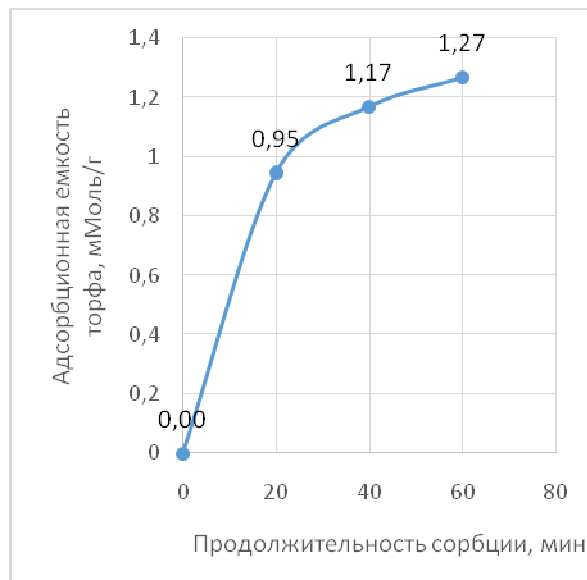


Рисунок 4 – Кинетическая кривая сорбции ионов железа брикетированным торфом

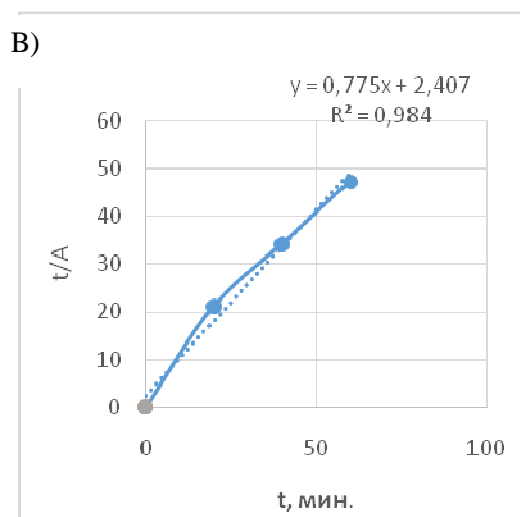
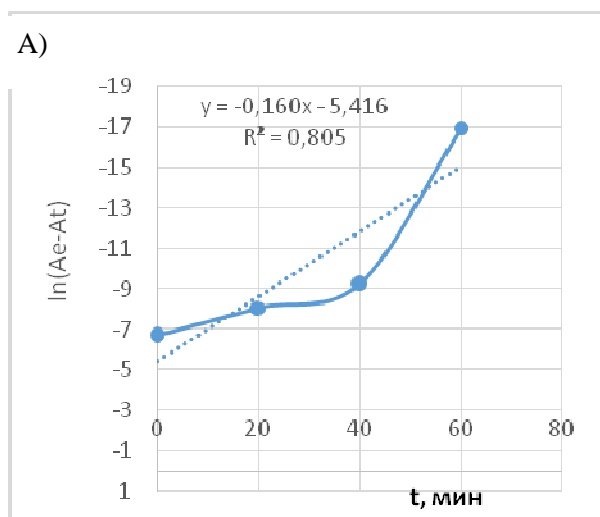


Рисунок 5 – Кинетические кривые сорбции ионов железа брикетированным торфом в моделях псевдопервого (А) и псевдоторгового (В) порядков

Как видно из рисунка 2, наиболее эффективно процесс сорбции ионов железа брикетированным торфом протекает в течение 20 минут контакта, затем он замедляется. В течение 60 минут удаляется до 77-80 % ионов железа и практически наступает сорбционное равновесие. Степень достижения равновесия F показывает, какая часть общего количества вещества сорбируется к данному моменту времени, и для брикетированного торфа она составила около $F=0.8$ при продолжительности контакта 60 минут (рис. 3).

Кратность извлечения – отношение исходной концентрации к равновесной составила для ионов железа 4,4. Адсорбционная емкость (рис.4) брикетированного торфа рассчитывалась по уравнению:

$$A = (C_1 - C_{сравн}) * (V / m) \quad (2)$$

V – объем раствора, дм^3 ;

m – масса навески брикетированного торфа, г;

C_1 – исходная концентрация ионов железа в растворе, моль/дм^3 ;

$C_{\text{равн}}$ – равновесная концентрация ионов железа в растворе после сорбции, моль/дм^3 . Для выяснения механизма сорбции ионов железа брикетированным торфом результаты экспериментов были обработаны с помощью уравнений диффузионной кинетики. Кинетическая кривая для внешне диффузионных процессов должна быть линейной в координатах $\ln(A_e - A_t) - t$ (рис. 5).

Кривые сорбции для ионов железа на начальном этапе описываются прямыми, следовательно, диффузия в пленке раствора вносит вклад в общую скорость процесса. При дальнейшем контакте графики сорбции ионов железа искривляются. Согласно литературным данным [1], это свидетельствует о том, что диффузия в зерне сорбента контролирует общую скорость процесса. В случае химического взаимодействия торфа с ионами тяжелых металлов (реакция ионного обмена) вклад в кинетику может вносить стадия собственно химической реакции между сортируемым ионом и функциональными группами поглотителя. Поэтому для выявления вклада химической стадии при описании сорбционного процесса брикетированным торфом использовали модели псевдопервого и псевдовторого порядка [1]. Линейные формы этих моделей представлены в виде уравнений (3) и (4):

$$\ln(A_e - A_t) = \ln A_e - k_1 \cdot t, \quad (3)$$

$$\frac{t}{A_t} = \frac{1}{k_2 \cdot A_e^2} + \frac{1}{A_t} \cdot t, \quad (4)$$

где A_e и A_t – количество сорбированного иона металла на единицу массы сорбента в состоянии равновесия и в момент времени t ;

k_1 – константа скорости сорбции в модели псевдопервого порядка;

k_2 – константа скорости сорбции в модели псевдовторого порядка.

Для установления модели, оптимально описывающей сорбцию железа на брикетированном торфе (рис. 5), сравнивались коэффициенты корреляции псевдопервого и псевдовторого порядка. Установлено, что сорбция ионов железа наиболее точно описывается моделью псевдовторого порядка.

Заключение

1. Выполнены исследования кинетики сорбции брикетированным торфом ионов железа.

2. Установлено, что процесс сорбции протекает наиболее интенсивно в течение первых 20-30 минут.

3. С помощью уравнений диффузионной и химической кинетики установлено, что процесс сорбции идет в диффузионном режиме, при этом вклад в общую скорость процесса вносит стадия химического взаимодействия ионов металла с функциональными группами торфа.

4. Установлена возможность использования брикетированного торфа в качестве сорбента для очистки сточных вод от ионов железа.

Список использованных источников

1. Дремичева, Е.С. Изучение кинетики сорбции на торфе ионов железа(III) и меди(II) из сточных вод/Вестн. Моск. ун-та. Сер. 2: Химия. – 2017. – Т. 58. – № 4.

ОЧИСТКА ВОДЫ ОТ ЖЕЛЕЗООРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИЕЙ

Житенёв Б. Н., Рыбак Е. С., Василевич В. А., Гизмонт Д. В.

УО «Брестский государственный технический университет», г. Брест

Введение. Целью данной работы является разработка усовершенствованной технологии очистки воды от железоорганических соединений. В Водной стратегии Республики Беларусь на период до 2020 года [1] отмечается, что в настоящее время около 2 млн человек используют воду с содержанием железа выше санитарной нормы – 0,3 мг/дм³. Одной из причин такого положения является наличие железоорганических соединений в воде и отсутствие сооружений очистки воды перед подачей её потребителям. Проблема наиболее актуальна для пользователей систем индивидуального водоснабжения с забором воды из шахтных колодцев и скважин небольшой глубины. Применение реагентных методов очистки в этом случае затруднено, поскольку требуются реагентное хозяйство, устройства дозирования реагентов отстойники или фильтры. Наиболее приемлемым является электрохимическая очистка. В работе [2] в качестве электродов (анодов и катодов) использовался алюминий АД с химическим составом по ГОСТ 4784, предназначенный для изготовления изделий пищевого назначения с массовой долей свинца не более 0,15 %, мышьяка – не более 0,015 %, цинка – не более 0,3 %, бериллия – не более 0,0005 %. Присутствие в сплаве алюминия примесей свинца, мышьяка, цинка, бериллия, а также достаточно высокая стоимость явились предпосылкой для поиска других, более доступных и безопасных материалов для проведения электролиза.

При наличии в воде органических примесей процесс обезжелезивания замедляется в результате [3]:

- блокирования поверхности фильтрующей загрузки органической пленкой, при перманганатной окисляемости (ПО) > 3 мг О₂/л;
- при проникновении гуминовых кислот (ГК), фульвокислот (ФК) в подземные воды снижается окислительно-восстановительный потенциал вследствие того, что растворимость кислорода ниже, чем растворимость диоксида углерода;
- при снижении окислительно-восстановительного потенциала железо окисленное (Fe³⁺) присутствует в растворимой форме, что затрудняет его извлечение;
- окисленное железо легко образует железоорганические комплексы: гуматы, фульваты;
- при увеличении концентрации фульвокислот в воде образуются устойчивые комплексы FeФР(ОН)₂, для деструкции которых требуется обработка окислителями либо подщелачивание.

Для интенсификации обезжелезивания воды в качестве окислителя использовался пероксид водорода. Эффективность Н₂О₂ пероксида водорода в реакциях окисления определяется концентрацией активных продуктов его разложения (ионных, радикальных). На механизм разложения Н₂О₂ наибольшее влияние оказывают рН реакционной среды и присутствие ионов металлов переменной валентности (железо, марганец, медь и др.). Анализ литературных источников показал, что увеличение степени очистки поверхностных вод при введении в нее сульфата железа (II) очевидно можно объяснить тем, что присутствующие в воде катионы железа (II) и образующиеся в результате окисления катионы железа (III) катализируют процесс цепного радикального окисления.

Катионы железа (II и III). Эти катализаторы оказывают активирующее воздействие на процесс разрушения пероксида водорода с образованием свободных радикалов. **Свободные радикалы** – это любые молекулы или атомы, содержащие один или несколько свободных электронов на внешнем электронном уровне. В силу своей природы свободные радикалы являются очень реакционноспособными (окислительный потенциал 2,87 В), способными разрушать многие органические вещества [4].

Методика проведения исследований

Объектом исследования в настоящей работе являлась вода, отобранная из водозаборной скважины глубиной 13 метров. Основные показатели качества исходной воды приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные показатели качества исходной воды

№ п/п	Показатель качества	Единицы измерения	Величина показателя
1	Цветность	градусы	35 - 40
2	Содержание железа, общ.	мг/л	0,5– 0,7
3	рН	единицы рН	6,5 – 6,8
4	Температура	град. по Цельсию	10 - 12
5	Содержание нитратов	мг/л	0,5 – 1,0

Схема экспериментальной установки представлена на рисунке 1. Опыты проводились в статических условиях. В качестве электродов использовались железный анод и железный катод.

Процесс электролиза, при котором осуществляется очистка воды от загрязнений, можно представить в виде двух фаз: ионизация металла (переход ионов металла в раствор):

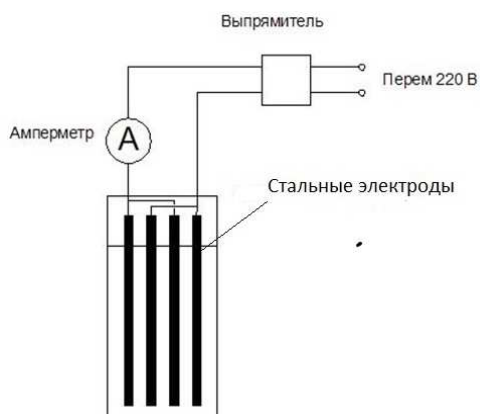


Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки



Рисунок 2 – Общий вид экспериментальной установки

и образование нерастворимых гидроксидов, сорбирующих загрязнения:



Метод очистки воды в электролизере с растворимым анодом известен в литературе под названием "электрокоагуляция". При электрокоагуляции основная часть затрачиваемой энергии расходуется на первую фазу, которая в сложных электролитах, ка-

кими являются природные воды, сопровождается рядом побочных процессов: электрофлотация, электрофорез, электроокисление, выделение газов, образование пассивирующих пленок и т. д. [5]. Побочные явления, протекающие при анодном растворении железа, являются нежелательными, так как на них расходуется определенная часть энергии. В процессе экспериментов исследовалось влияние массовой концентрации пероксида водорода, массовой концентрации ионизированного железа и продолжительности флокуляции на процесс обезжелезивания воды. Массовая концентрация пероксида водорода изменялась дозированием его раствора в реактор и варьировалась в интервале 0-100 мг/л. Масса ионизированного металла регулировалась путем изменения продолжительности электролиза и рассчитывалась в соответствии с 1-м законом Фарадея. Флокуляция осуществлялась при медленном перемешивании в механической мешалке (рис. 3, 4).

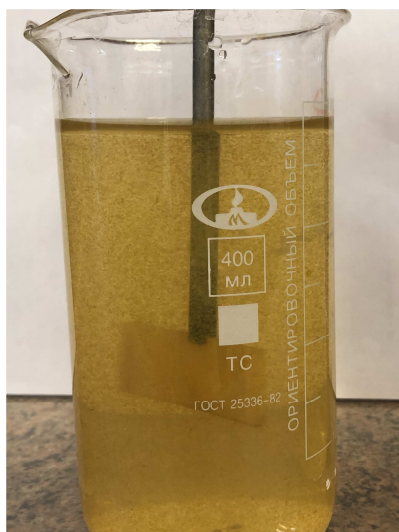


Рисунок 3 – Флокуляция

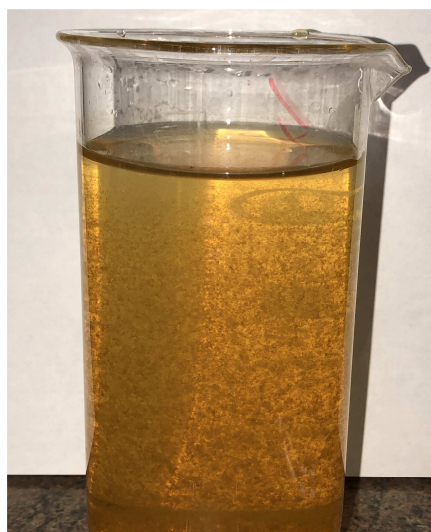


Рисунок 4 – Завершение хлопьеобразования

Результаты и их обсуждение

Массовая концентрация пероксида водорода оказывает значительное влияние на очистку воды от железоорганических примесей электрокоагуляцией с железными электродами. Так, при отсутствии пероксида эффект удаления железа составил 18 % при остаточной концентрации 0,41 мг/л, введение 50 мг/л.

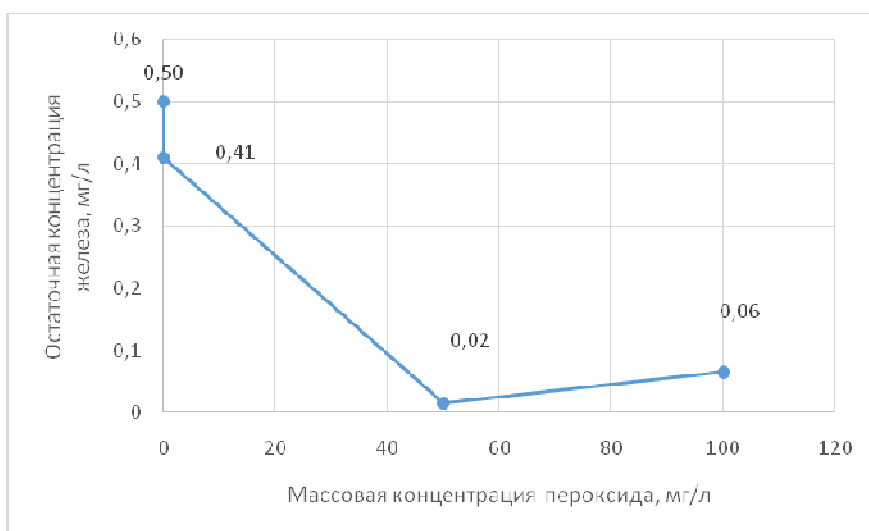


Рисунок 5 – Влияние массовой концентрации пероксида водорода на очистку воды от железоорганических соединений

H_2O_2 сопровождалось увеличением эффекта до 96% при остаточной концентрации 0,02 мг/л, что можно объяснить разрушением устойчивых комплексов $FeFR(OH)_2$ в результате окисления. В результате система дестабилизировалась и облегчился процесс коагуляции (рис. 5).

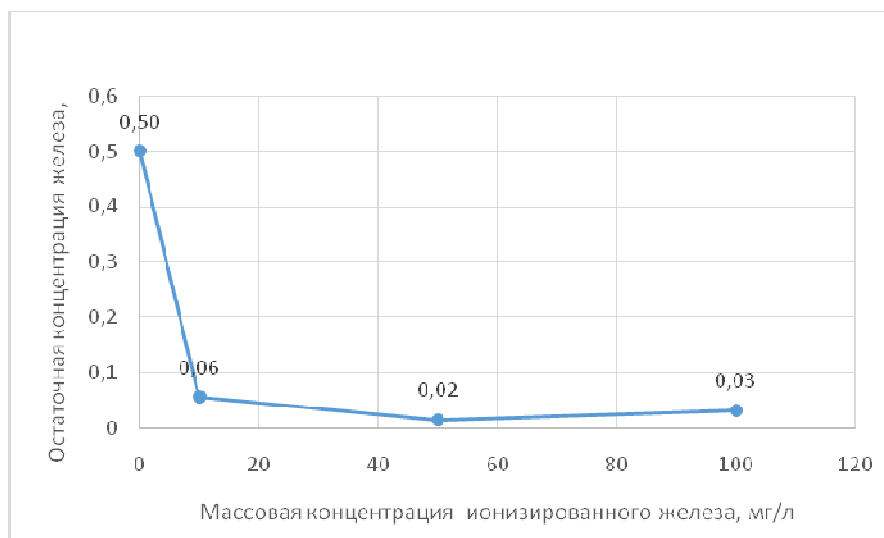


Рисунок 6 – Влияние массовой концентрации ионизированного металла на очистку воды от железоорганических соединений

Массовая концентрация ионизированного металла также оказывает преобладающее влияние на очистку воды от железоорганических соединений. Ионы железа принимают участие не только в образовании гидроксида железа, но и являются окислителями в высоких степенях окисления ($Fe^{3+}(O_2H)^{2+}$, Fe^{4+} , $Fe^{4+}=O$, $Fe^{5+}=O$) [6]. При введении 10 мг/л железа эффект очистки составил 88%, при 50 мг/л – 96 % (рис. 6).

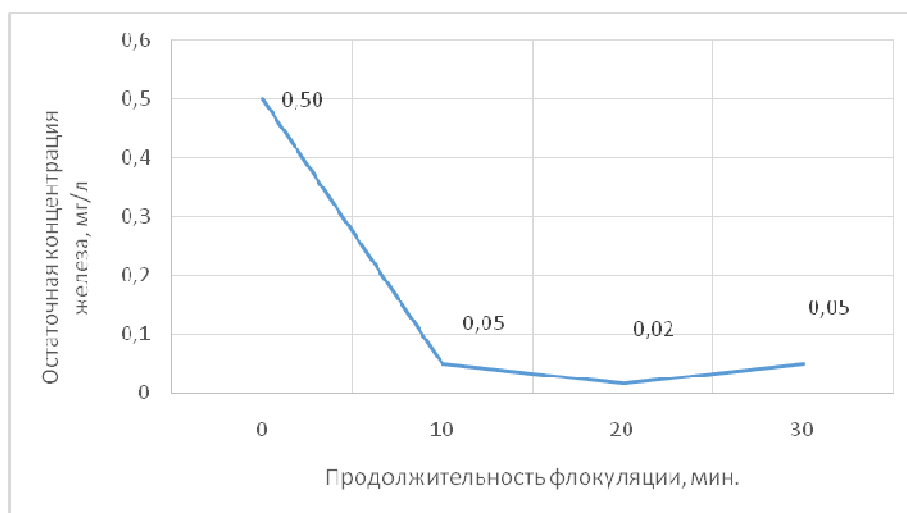


Рисунок 7 – Влияние продолжительности флокуляции на очистку воды от железоорганических соединений

Оптимальная продолжительность флокуляции составила 20 минут при этом эффект очистки равен 96 % (рис. 7).

Заключение

1. Выполненные исследования по очистке воды от железоорганических соединений усовершенствованной электрохимической технологией, включающей обработку пероксидом водорода в присутствии металла с переменной валентностью (железа),

показали высокую эффективность данного метода для удаления железоорганических соединений.

2. Установлено, что наибольшее влияние на процесс очистки воды от железоорганических соединений усовершенствованной электрохимической технологией оказывают массовая концентрация пероксида водорода, доза ионизированного железа, продолжительность флокуляции.

3. В результате лабораторных экспериментов установлены оптимальные значения: массовая концентрация пероксида: 40 - 60 мг/л; массовая концентрация ионизированного железа 10 – 50 мг/л; продолжительность флокуляции: 15 – 20 минут.

Список использованных источников

1. Водная стратегия Республики Беларусь на период до 2020 года, утвержденная решением коллегии Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь 11.08.2011 № 72-Р.

2. Житенёв, Б.Н. Обесцвечивание и обезжелезивание подземных вод, содержащих органические примеси электрохимическим методом / Б.Н. Житенёв, Е.С. Рыбак // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2017. – № 2 (104): Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика, геоэкология.

3. Albrektiene, R. The removal of iron-organic complexes from drinking water using coagulation process / R. Albrektiene, M. Rimeika, E.Lubyte // The 8th International Conference; May 19-20, 2011. – Vilnius, Lithuania.

4. Житенёв, Б.Н. Очистка воды от стойких органических примесей окислительными технологиями. Теоретические и технологические основы интенсификации очистки воды улучшенными усовершенствованными окислительными технологиями: [монография] / Б.Н. Житенёв, А.Д. Гуринович. – Брест : БрГТУ, 2019. – 235 с.

5. Кульский, Л.А. Технология очистки природных вод / Л.А. Кульский, П.П. Строкач. – 2-е изд., перераб. и доп. – К.: Вища шк. 1986. – 352 с.

6. Photochemical Purification of Water and Air, Advanced Oxidation Processes: Principles, Reaction Mechanisms, Reactor Concepts, T. Oppenländer, Wiley-VCH, Germany, 2003.

УДК 556.5+574+504

К ВОПРОСУ НАЗНАЧЕНИЯ ПРОЕКТНЫХ ОТМЕТОК ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Волчек А. А., Шпока И. Н., Шпока Д. А.

УО «Брестский государственный технический университет», г. Брест

Введение. Для проектирования гидротехнических сооружений необходимо иметь данные по уровенному режиму рек, который является одной из главных характеристик реки, что позволяет установить ключевые отметки гидротехнических сооружений. Он определяет экологическое состояние, хозяйственное использование и т. д. Результаты наблюдений за уровнями позволяют установить зоны и продолжительность затопления отдельных участков речной долины, скорость продвижения паводочной волны вдоль по реке, сделать выводы об общем характере изменения водности реки в течение года, в более долгие периоды, о наиболее высоких половодьях и т. д.

В настоящее время отмечается потепление климата на территории Беларуси (с 1988 г.), что оказывает влияние на уровенный режим рек, поэтому изучение уровней воды на реках является актуальным вопросом [1]. Так как климатические из-

менения оказывают влияние на гидрологический режим рек, особенно на малые реки, которые наиболее восприимчивы как к естественным периодическим колебаниям, так и к антропогенным воздействиям, возникает необходимость в изучении уровней воды на реках [2, 3].

На примере р. Цна выполнены исследования динамики уровней воды. Река Цна протекает в Ляховичском, Ганцевичском и Лунинецком районах, является левым притоком р. Припять. Ее длина – 126 км, площадь водосбора – 1130 км². Река течет по низине Припятского Полесья. Русло от истока на протяжении 54 км канализовано, в нижнем течении сильноизвилистое, шириной около 10 м. Таким образом, река Цна является типичной рекой Белорусского Полесья.

Цель исследований. Дать количественную оценку колебаний максимального уровня воды весеннего половодья р. Цна с целью назначения проектных отметок гидротехнических сооружений.

Исходные данные. Основными исходными материалами при исследовании максимального уровня воды весеннего половодья р. Цна – д. Дятловичи послужили данные государственного водного кадастра ГУ «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды» за 1954–2015 гг.

Методика исследований. В основу оценки влияния потепления климата на уровеньный режим положены стандартные статистические методы. Исходный ряд наблюдений за уровнемным режимом разбивался на два интервала 1954–1987 гг. и 1988–2015 гг. Проверялись две гипотезы: одна о равенстве выборочных средних (с помощью критерия Стьюдента), а вторая – об идентичности колебаний (с помощью критерия Фишера). Тенденция изменения уровней воды реки оценивалась с помощью линейных трендов [4].

Обсуждение результатов. Многолетний ход максимальных уровней воды весеннего половодья р. Цна – д. Дятловичи за период с 1954–2015 г. представлен на рисунке 1. Среднее значение уровня воды составляет $H_{cp}=219$ см, минимальное значение наблюдалось в 1997 г. $H_{min}=79$ см, максимальное значение уровня – 283 см в 1970 г. (рисунок 1).

Статистические параметры временных рядов максимальных уровней воды весеннего половодья р. Цна – д. Дятловичи приведены в таблице 1 [5].

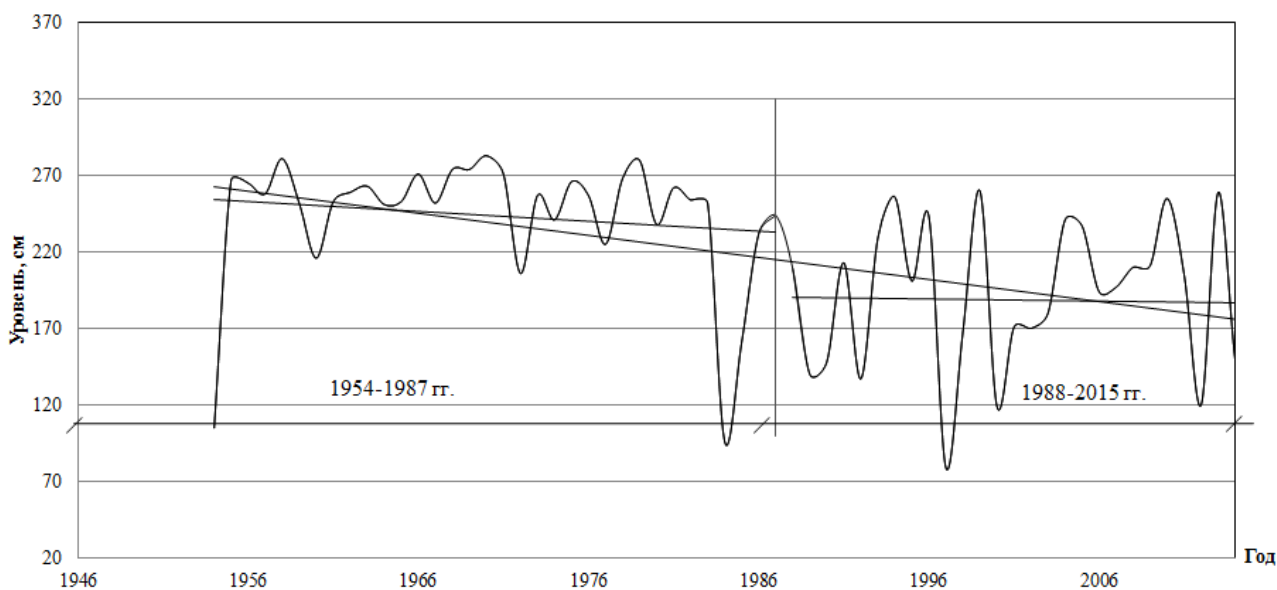


Рисунок 1 – Многолетний ход максимальных уровней воды весеннего половодья на р. Цна – д. Дятловичи

Таблица 1 – Статистические параметры максимальных уровней воды весеннего половодья р. Цна – д. Дятловичи

Исследуемые интервалы	Число лет наблюдений	Н, см			Коэффициенты			Распределение Стьюдента	Распределение Фишера
					вариации	регрессии	корреляции		
		H_{cp}	H_{max}	H_{min}				$t_{ст} / t_{кр}$	$F / F_{кр}$
1954-2015	62	219	283	79	0,25	-1,44	-0,47	-	-
1954-1987	34	244	283	96	0,18	-0,64	-0,15	4,45 / 2,00	1,45 / 1,78
1988-2015	28	189	260	79	0,27	-0,11	-0,02		

Примечание: $r_t = 0,25$ – критическое значение коэффициента корреляции при уровне значимости 0,05 и числа степени свободы принимается равным $v=n-2=62-2=60$; $r_t=0,34-v=n-2=34-2=32$; $r_t=0,37-v=n-2=28-2=26$ [5].

Заключение. Таким образом, на р. Цна имеет место снижение максимального уровня воды, при этом характер колебаний остается без значимых изменений. Различие в средних максимальных уровнях воды за периоды с 1954–1987 г. и с 1988–2015 г. является статистически значимым, что подтверждает критерий Стьюдента. В то же время характер колебаний уровня режима не претерпел значимых изменений, что подтверждает критерий Фишера.

Список использованных источников

1. Блакітная кніга Беларусі : (водныя аб'екты Беларусі) : энцыклапедыя / рэд.калегія Н.А. Дзісько [і інш.]. – Мінск : Беларуская Энцыклапедыя імя П. Броўкі, 1994. – 415 с.
2. Волчек, А.А. Водные ресурсы Брестской области / А.А. Волчек, М.Ю. Калинин. – Минск: Изд. Центр БГУ, 2002. – 440 с.
3. Волчек, А.А. Водные ресурсы Беларуси и их прогноз с учетом изменения климата / А.А. Волчек [и др.] – Брест: Альтернатива, 2017. – 228 с.
4. Расчетные гидрологические характеристики. Порядок определения ; ТКП 45-3.04-168-2009 (02250). – Введ. 30.12.2009. – Минск : Мин-во архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2010. – 56 с.
5. Валуев, В.Е. Статистические методы в природопользовании. Уч. пособие для студ. высш. учеб. завед. по спец. «Мелиорация и водное хозяйство» / В.Е. Валуев [и др.] – Брест : Брестский политехнический институт, 1999. – 252 с.

УДК 628.3

ПОСОБИЕ К ТКП 45-4.01-321-2018 ПО РАСЧЁТУ И ПРОЕКТИРОВАНИЮ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ СТОЧНЫХ ВОД

Ануфриев В. Н.,¹ Волкова Г. А.²

¹ Белорусский национальный технический университет, г. Минск

² УО «Брестский государственный технический университет», г. Брест

Пособие к ТКП 45-4.01-321 «Проектирование очистных сооружений сточных вод» разрабатывалось в порядке реализации Концепции совершенствования системы технического нормирования и стандартизации в строительстве на 2016-2020 годы [1], которая принята в 2016 году Министерством архитектуры и строительства Республики Беларусь. Концепция включает основные направления развития системы техническо-

го нормирования и стандартизации в строительстве, в том числе пересмотр состава ТНПА по блокам национального комплекса технических нормативных правовых актов с сокращением как количества документов, так и количества обязательных требований, взаимосвязанных с техническим регламентом [2]. Концепция также предусматривает поэтапный переход от предписывающего метода нормирования к параметрическому, разработку справочных и методических документов (рекомендаций и пособий), приоритетную разработку ТНПА, стимулирующих применение инновационных технологий и материалов на всех этапах жизненного цикла зданий и сооружений, гармонизацию стандартов с международными и межгосударственными стандартами и нормами.

В 2018 году были разработаны и введены в действие с 01.10.2018 взаимосвязанные с ТР 2009/013/ВУ [2] технические кодексы, устанавливающие обязательные требования в области проектирования и строительства объектов водоснабжения и водоотведения [3,4,5], с отменой ранее действующих ТНПА.

Разработанное пособие «Проектирование очистных сооружений сточных вод» к 10 разделу ТКП 45-4.01-321-2018 включает положения по проектированию очистных сооружений сточных вод и обработки осадка систем канализации населённых пунктов и объектов производства и содержит указания и расчетные зависимости по определению технологических параметров и размеров сооружений механической, биологической, физико-химической очистки сточных вод, сооружений для глубокой очистки (доочистки) сточных вод, их обеззараживания, а также сооружений для обработки осадка сточных вод.

В пособии приведен порядок гидравлического расчета и проектирования сооружений для усреднения, предварительной механической очистки сточных вод (решётки, песколовки), сооружений для их осветления (отстойники, гидроциклоны, центрифуги). Приведены указания на возможность использования новых видов оборудования для механической очистки, например, процеживателей с системами удаления песка и всплывающих примесей, процеживателей с измельчителями, систем отмывки, классификации и обезвоживания песка песколовки и т. д.

Порядок определения параметров сооружений биологической очистки приводится с учетом их назначения и конструктивных особенностей в соответствии с их классификацией, приведенной в СТБ 17.06.02-03-2015.[6]. В разделе рассмотрены преаэраторы и биокоагуляторы, биологические фильтры (включающие орошаемые, ротационные и затопленные фильтры), сооружения с активным илом, сооружения для очистки сточных вод в анаэробных условиях.

Принципы расчета технологических сооружений с активным илом изложены с учетом целей, которые должны достигаться при очистке сточных вод (удаление загрязняющих веществ, подверженных биохимическому разложению, нитрификация, денитрификация, удаление соединений фосфора, удаление специфических загрязняющих веществ), режима очистки (проточный или циклический) и других технологических параметров процесса.

В пособии приведен порядок определения параметров:

- селекторов – сооружений для предварительной обработки циркулирующего активного ила с целью предотвращения его вспухания и предотвращения массового образования нитчатых форм микроорганизмов;
- проточных технологических сооружений с активным илом для удаления биогенных элементов, включая денитрификацию и биологическое удаление фосфора;
- реакторов последовательного действия (SBR-реакторов) с циклическим режимом очистки;

- биологических реакторов с мембранным разделением иловой смеси;
- вторичных отстойников и других сооружений для разделения иловой смеси.

Принцип определения размеров технологических сооружений с активным илом основан на расчете требуемого возраста ила в зависимости от цели, которая должна достигаться при очистке сточных вод. Такой подход в настоящее время является традиционным при проектировании таких сооружений и отражен в стандартах ЕС и нормативных документах других стран [7,8].

При очистке производственных сточных вод указывается на необходимость анализа показателей, связанных с биоразлагаемостью отдельных загрязняющих веществ, которые могут содержаться в таких сточных водах. За последнее время принят ряд стандартов [9,10], содержащих методики для определения биоразлагаемости при аэробной биологической деструкции, которые делают оценку возможности применения биологической очистки для производственных сточных вод более достоверной.

Рассмотрены технологические схемы и сооружения для биологической очистки сточных вод для объектов небольшой производительности (гравийно-песчаные фильтры, фильтрующие траншеи, грунтово-растительные площадки различных типов и т. д.). Грунтово-растительные площадки являются перспективными сооружениями для замены полей фильтрации на объектах с относительно небольшими расходами сточных вод. В связи с чем приведен ряд новых положений по устройству таких сооружений в части выполнения гидроизоляции, формирования слоя фильтрующей загрузки, размещения дренажа, подводящих, распределительных и отводящих устройств для сточных вод.

Также в пособии приводятся положения по проектированию сооружений физико-химической очистки сточных вод, обеззараживания и доочистки, которые включают порядок определения параметров сооружений для обработки сточных вод флотацией, сорбцией, ионным обменом, дозированием реагентов. Приведены указания по реагентному удалению тяжелых металлов с использованием гидроксидного, карбонатного и сульфидного осаждения, электрохимической очистке сточных вод, реагентного осаждения фосфора и других способов очистки. В качестве сооружений доочистки рассмотрены фильтры с зернистой загрузкой различных конструкций, сетчатые барабанные фильтры, грунтовые фильтрационные площадки, биологические и фильтрационные пруды, пруды-испарители, сооружения для насыщения сточных вод кислородом и другие сооружения.

Раздел «Сооружения для обработки осадков сточных вод» дополнен данными, связанными с использованием современных видов оборудования для динамического уплотнения осадков сточных вод и их механического обезвоживания. Приведены показатели для центрифуг, ленточных фильтр-прессов, камерных и мембранных прессов, шнековых прессов, гидравлических прессов и другого оборудования, которое в настоящее время широко применяются в проектах очистных сооружений.

Разрабатываемое пособие может применяться в качестве источника информации при проектировании сооружений очистки сточных вод в соответствии с требованиями действующих законодательных и нормативных правовых актов и ТНПА в области водоснабжения и водоотведения, здравоохранения, охраны окружающей среды, безопасности жизнедеятельности.

Завершение разработок ТНПА «нового поколения» и пособий к ним позволит получить компактную систему ТНПА, регламентирующую проектирование систем водоснабжения и водоотведения, которая характеризуется минимизацией количества обязательных требований и гармонизацией с положениями международных и межгосударственных стандартов.

Список использованных источников

1. Концепция совершенствования системы технического нормирования и стандартизации в строительстве на 2016-2020 годы.
2. Технический регламент Республики Беларусь «Здания и сооружения, строительные материалы и изделия. Безопасность». ТР 2009/013/ВУ.
3. Системы внутреннего водоснабжения и канализации зданий. Строительные нормы проектирования: ТКП 45-4.01-319-2018.
4. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Строительные нормы проектирования: ТКП 45-4.01-320-2018.
5. Канализация. Наружные сети и сооружения. Строительные нормы проектирования: ТКП 45-4.01-321-2018.
6. Охрана окружающей среды и природопользование. Гидросфера. Классификация очистных сооружений сточных вод: СТБ 17.06.02-03-2015.
7. EN 12255-6 Wastewater treatment plants - Part 6: Activated sludge process
8. EPA. Wastewater Technology Fact Sheet Sequencing Batch Reactors
9. Методы испытаний химической продукции, представляющей опасность для окружающей среды. Оценка потенциальной способности к биоразложению с использованием активного ила: ГОСТ 32295-2013.
10. Методы испытаний химической продукции, представляющей опасность для окружающей среды. Определение биоразлагаемости при аэробных методах очистки: ГОСТ 32537-2013.

УДК502.63

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА РЕКИ МУХАВЕЦ

Волчек А. А., Таратенкова М. А.

УО «Брестский государственный технический университет», г. Брест

Введение

Гидрохимический режим природных вод, особенно речных, не остается постоянным во времени, что вызывает ряд вопросов, касающихся водоподготовки и очистки сточных вод. В настоящее время при проектировании сооружений водоподготовки не учитывается динамика изменения качества природных вод, что приводит к возникновению сложностей на этих станциях и зачастую к увеличению затрат на подготовку воды надлежащего качества. Поэтому при принятии проектных решений требуется обоснование расчетных значений гидрохимических характеристик. Одним из способов решения данного вопроса может стать статистическое моделирование гидрохимического режима природных вод. Применение статистических методов моделирования позволяет обосновать вероятные значения гидрохимических параметров речных вод.

Цель данной работы – обоснование статистической модели, позволяющей описать динамику показателей качества природных вод.

Исходные данные и методы исследования

Исходными данными послужили временные ряды по следующим гидрохимическим показателям р. Мухавец в створе г. Бреста: взвешенные вещества, растворенный кислород, химическое потребление кислорода, минерализация общая, удельная электропроводность. Для анализа использованы среднемесячные гидрохимические показатели в период с 2010 по 2017 гг. Река Мухавец является типичной рекой Белорус-

ского Полесья, что с определенной степенью точности позволит переносить полученные результаты на другие реки Полесья.

Полученные результаты и их обсуждение

По результатам исследования выявлено, что распределение вероятностей таких показателей качества воды, как растворенный кислород, взвешенные вещества, общая минерализация, ХПК, удельная электропроводность подчиняется двухпараметрическому логнормальному закону [1]:

$$F(x) = \Phi(\alpha \ln x - \beta), \quad (1)$$

где α и β – введенные агрегированные параметры.

В ходе анализа исходной гидрохимической информации построены статистические распределения показателей качества речной воды р. Мухавец и их аппроксимация теоретическими распределениями $F(x)$. Некоторые из них представлены на рисунках 1-3. Параметры логнормальных распределений сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Параметры логнормального распределения $F(x) = \Phi(\alpha \ln x - \beta)$ для показателей качества природных вод

Показатель	Коэффициенты		
	α	β	детерминации(R^2)
Общая минерализация, мг/дм ³	0,11	0,14	1,00
Взвешенные вещества, мг/дм ³	0,27	0,09	0,99
Растворенный кислород, мгО ₂ /дм ³	0,56	0,71	0,99
ХПК, мгО ₂ /дм ³	0,20	0,24	1,00
Удельная электропроводность, мк С/см ²	0,11	0,15	1,00

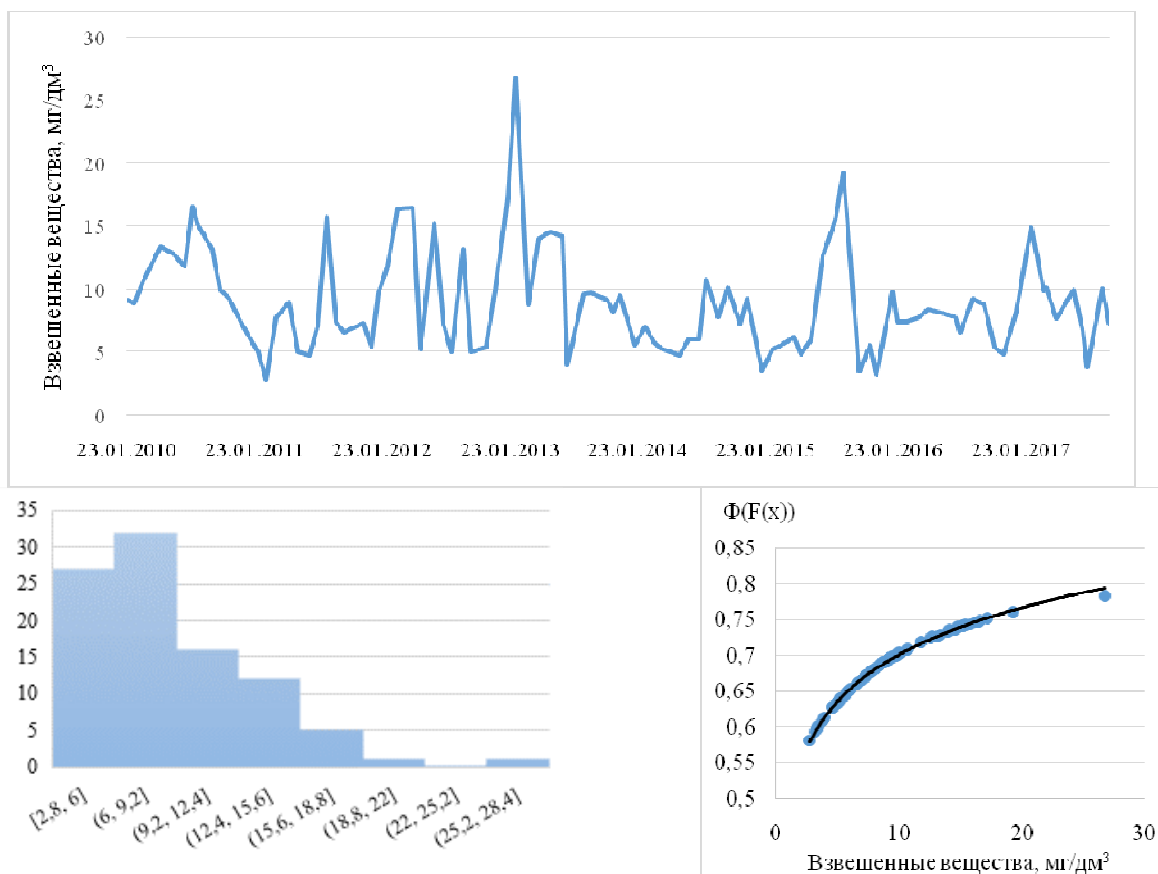


Рисунок 1 – Временной ряд, гистограмма и функция распределения взвешенных веществ

Содержание взвешенных веществ варьируется в пределах от 2,8 до 26,8 мг/дм³ (рис. 1). Увеличение содержания взвешенных веществ происходит в весенне-летний период, и снижение – в зимний период. Среднее значение взвешенных веществ за наблюдаемый период 9,0 мг/дм³. Максимальное значение данного показателя приходится на февраль 2013 года. Это связано с потеплением и периодом паводков. Интенсивное таяние снегов повлекло за собой вынос взвешенных веществ с прилегающих территорий в реку. Пиковое значение, приходящееся на сентябрь 2015 года, объясняется снижением расхода воды в реке, что приводит к концентрации загрязнений в воде.

Варьирование показателя растворенного кислорода наблюдается в пределах 4,6 – 12,0 мг О₂/дм³. Понижение растворенного кислорода фиксируется в период летней межени. Объясняется это снижением расхода воды в реке, повышением температурного режима и, как следствие, интенсивным развитием растительности в водотоках. По нормативам [1] ПДК не должен быть ниже 6,0 мг/дм³.

Концентрация растворенного кислорода указывает на процессы, проходящие в поверхностных водах. Так, малое его содержание является свидетельством интенсивных окислительных процессов, происходящих в водотоках. Помимо этого, кислород расходуется на дыхание живых организмов, обитающих в данном ореоле.

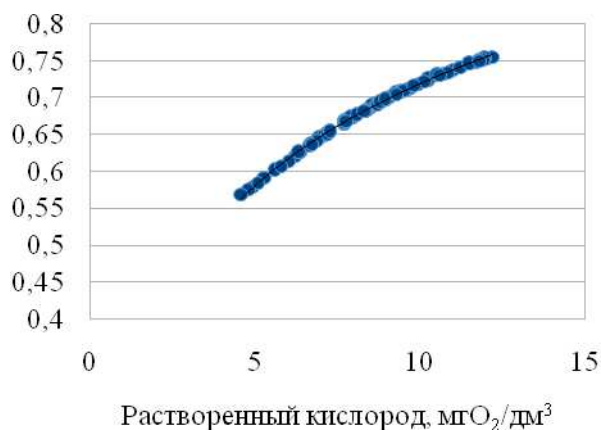
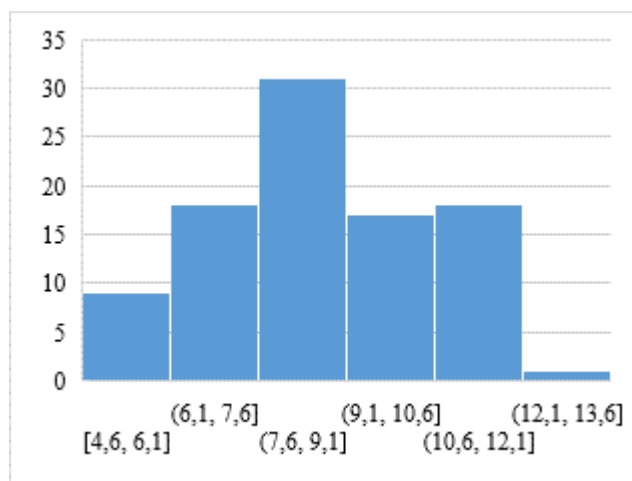
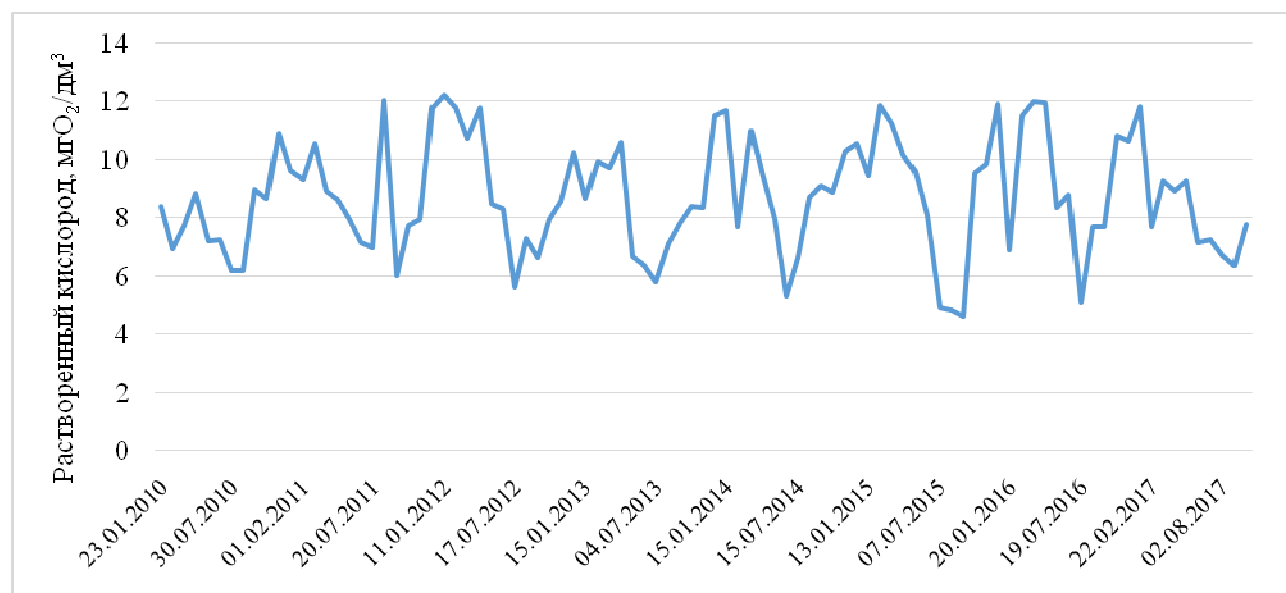


Рисунок 2 – Временной ряд, гистограмма

и функция распределения растворенного кислорода

Повышенное значение показателя ХПК_{Cr} (рис. 3) свидетельствует о содержании неорганических загрязняющих веществ. Пределы варьирования данного показателя – от 26,6-58,8 мгО₂/дм³. Наблюдается некоторая сезонная изменчивость данного показателя: снижение фиксируется в зимние месяцы, повышение – в летние. Однако превышение ПДК (30 мгО₂/дм³) происходит на протяжении всего наблюдаемого периода.

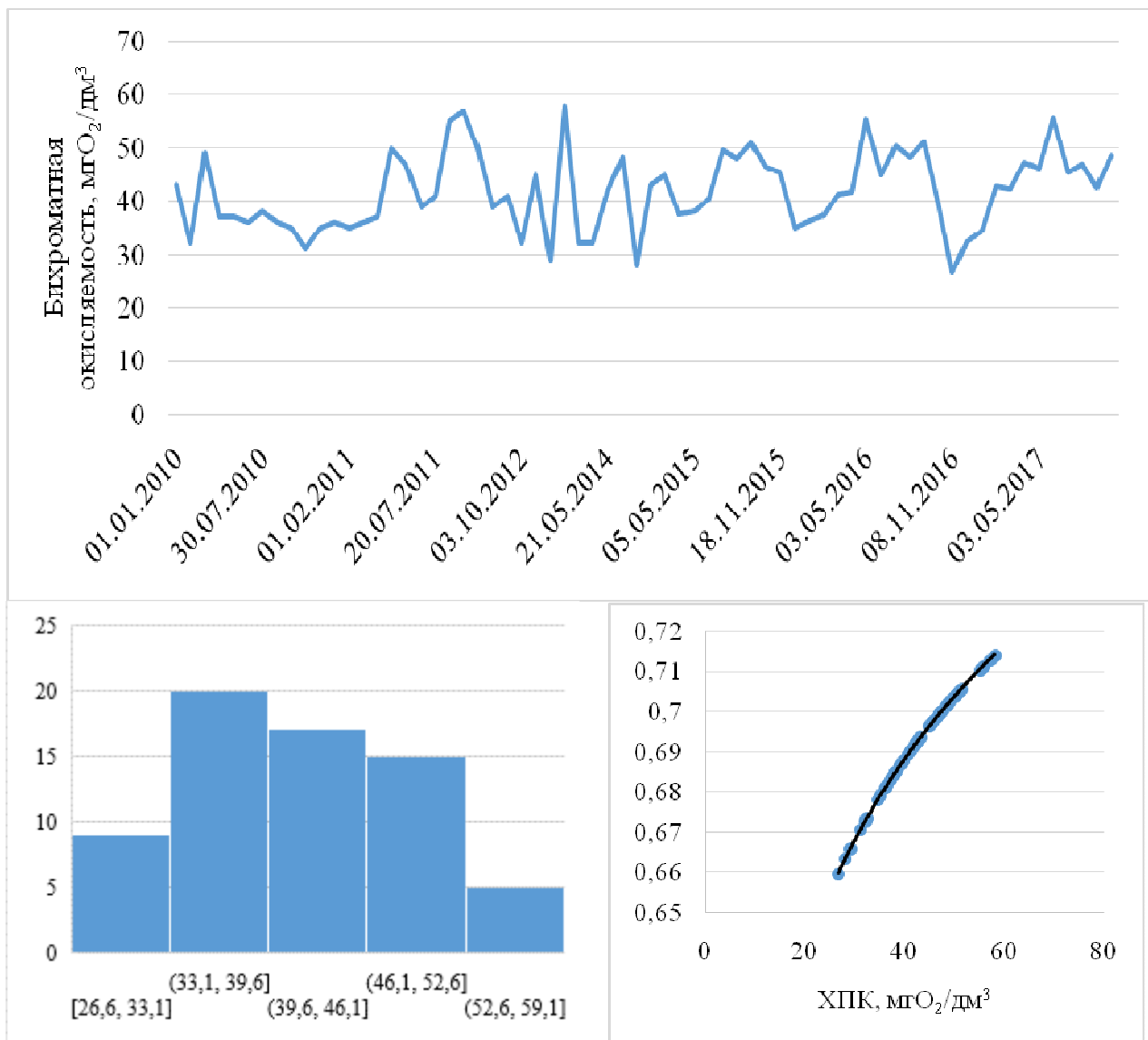


Рисунок 3 – Временной ряд, гистограмма и функция химического потребления кислорода

Показатель общей минерализации варьируется в пределах 251 – 436 мг/дм³ (рис.4). Среднемесячное значение за наблюдаемый период 338 мг/дм³. Проводя сравнение данных с фоновыми значениями, за которые приняты наблюдения 1959-1960 гг. (табл.2), можно сделать вывод о повышении минерализации и содержания ионов в воде реки. Причиной тому является увеличивающаяся антропогенная нагрузка.

Таблица 2 – Минерализация и анионы в р. Мухавец [2]

Период наблюдения	Минерализация, мг/дм ³	Гидрокарбонат-ион, мг/дм ³	Хлорид-ион, мг/дм ³	Кальций-ион, мг/дм ³	Магний-ион, мг/дм ³
пик половодья	75,0-90,0	30,0-40,0	1,0-2,0	15,0-20,0	3,0-4,0
летняя межень	200-300	80-150	2,0-3,0	30,0-40,0	8,0-10,0

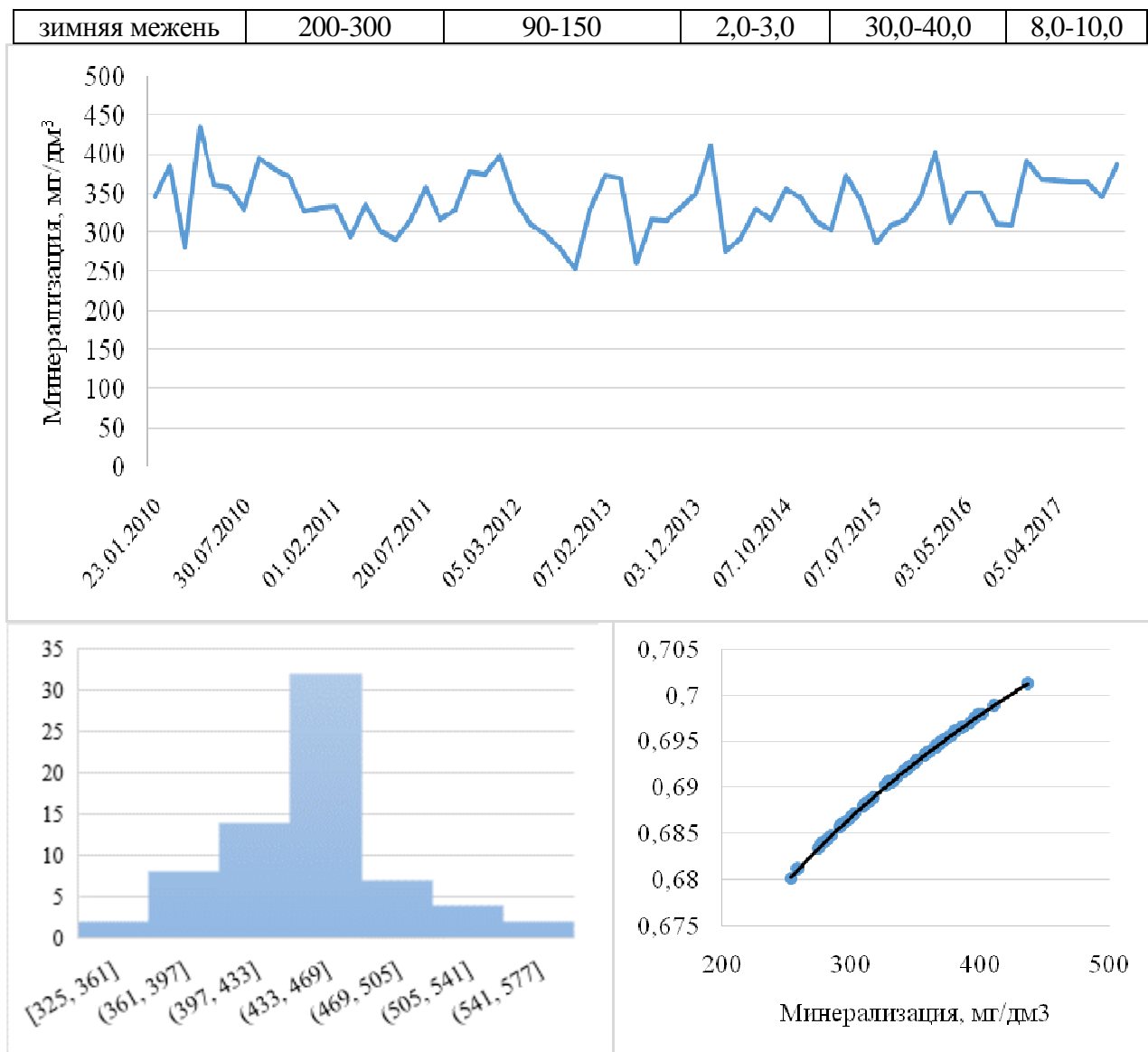


Рисунок 4 – Временной ряд, гистограмма распределения и функция распределения минерализации

Показатель удельной электропроводности варьируется в пределах от 325-546 мкС/см² (рис. 5). При анализе временного ряда можно проследить тенденцию к увеличению данного показателя.

Заключение

Полученные данные могут быть использованы при проектировании и эксплуатации станций водоподготовки, мероприятий по охране водных экосистем, при разработке нормативных значений допустимых сбросов и др.

Полученная статистическая модель свидетельствует о том, что распределение вероятностей таких показателей как общая минерализация, удельная электропроводность, взвешенные вещества, растворенный кислород и химическое потребление кислорода, подчиняются двухпараметрическому логнормальному закону.

Полученные статистические распределения позволят находить вероятность различных гидрохимических событий. С учетом того, что река Мухавец является типичной для Белорусского Полесья, то полученная модель может быть применима и для других рек данного региона с некоторыми допущениями.

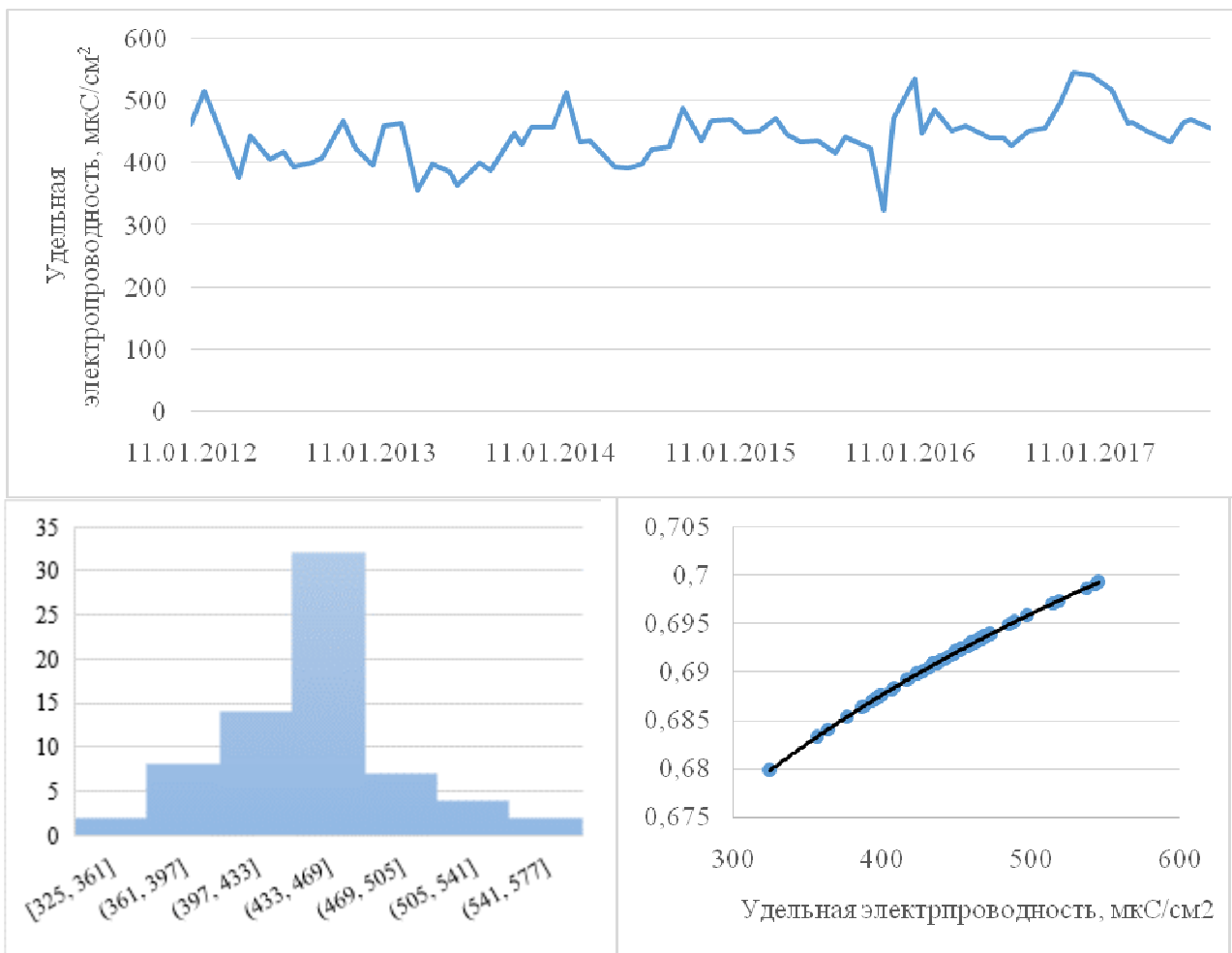


Рисунок 5 – Временной ряд, гистограмма распределения и функция распределения удельной электропроводности

Список использованных источников

1. Долгоносов, Б.М. Сезонные изменения в распределении вероятностей показателей качества речной воды / Б.М. Долгоносов, К.А. Корчагин // Водные ресурсы, 2014.– №1. – С. 39-48.
2. Об установлении нормативов качества воды поверхностных водных объектов: Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 30 марта 2015 г. №13.
3. Ресурсы поверхностных вод СССР / под ред. З.И. Мироненко.– Л.: Гидрометеиздат, 1966. – Т.5: Белоруссия и Верхнее Поднепровье. – 720 с.

УДК 628.16

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ НИТРАТОВ МЕТОДОМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

Андреюк С. В., Житенев Б. Н.

УО «Брестский государственный технический университет», г. Брест

Многофакторный эксперимент широко используется в современной научной деятельности и является эффективным средством обработки и планирования экспериментальных исследований [1]. Планированием многофакторного эксперимента назы-

вается процедура выбора числа опытов и условий их проведения, необходимых для решения поставленной задачи с требуемой точностью.

Протекание процесса количественно характеризуется одной или несколькими величинами, например: эффект очистки воды, остаточное содержание примеси (например, нитратов) и т. п. Такие величины называют функциями отклика. Математические методы оптимального планирования экспериментов позволяют получить математическую модель процесса даже при отсутствии данных о его механизме.

Математические модели, полученные с помощью методов планирования экспериментов, принято называть экспериментально-статистическими [2,4]. При применении статистических методов планирования эксперимента математическое описание представляется в виде полинома: $Y=f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$, где Y – функция отклика (величина, качественно характеризующая протекание процесса), а x_1, x_2, x_3 – влияющие факторы (аргументы) исследуемого процесса. При этом ценность математического описания заключается в том, что оно дает информацию:

- о закономерностях влияния отдельных факторов на функцию отклика;
- позволяет количественно определить значение функции отклика при заданных значениях факторов;
- может служить основой для оптимизации процесса.

Исследования механизма очистки воды от нитратов методом ионного обмена проводились на кафедре водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов Учреждения образования «Брестский государственный технический университет» и были выполнены на экспериментальной установке, представляющей собой модель ионообменного фильтра – фильтрационную колонку, загруженную ионообменной смолой. В качестве загрязненной воды использовали водопроводную воду с добавкой нитратов в количестве 90-100 мг/дм³, что соответствует концентрации, в два раза превышающей предельно допустимую (45 мг/дм³ по нитратному азоту). Целью экспериментальных исследований являлось изучение влияния на эффективность процесса очистки воды от нитратов основных факторов при работе ионообменной колонки:

- скорости фильтрации воды V , м/ч;
- высоты загрузки фильтрационной колонки h с учетом ее диаметра d ;
- температуры обрабатываемой воды t , °С.

Поскольку процесс ионообменной очистки является многофакторным, с целью сокращения затрат времени и материальных средств на выполнение исследований был применен математический метод оптимального планирования эксперимента, позволивший получить математическую модель процессов ионообменной очистки воды от нитратов [3]. Процесс нахождения математической модели включал в себя: планирование эксперимента, проведение эксперимента на объекте исследований; проверку воспроизводимости эксперимента; получение математической модели объекта с проверкой статистической значимости выборочных коэффициентов регрессии; проверку адекватности математического описания.

Для нахождения области оптимума был произведен экспериментальный поиск и затем в оптимальной области осуществлен ротационный план второго порядка, при котором факторы варьировались на пяти уровнях.

Проверка воспроизводимости опытов осуществлялась с помощью критерия Кохрена. Значимость коэффициентов регрессии определялась с учетом значения критерия Стьюдента. Адекватность зависимостей подтверждена по критерию Фишера при 5%-м уровне значимости.

Результаты эксперимента были обработаны на ЭВМ, на основании чего составлено уравнение регрессии $\Xi=f(V, H/d, t)$ в виде многочлена второй степени от трех переменных (в физических переменных):

$$y = 63,63 - 1,24v - 7,86(h / d) - 3,14t + 0,05v^2 + 0,56(h / d)^2 + 0,07t^2$$

С помощью данного уравнения можно прогнозировать эффективность работы установки в определенном режиме ведения процесса очистки воды [5]. Полученная экспериментально-статистическая модель позволяет представить поверхность отклика на факторной плоскости линиями зависимости остаточной концентрации нитратов $У$ от высоты загрузки фильтрационной колонки h при определенном диаметре d , от скорости фильтрации V , от температуры обрабатываемой воды t .

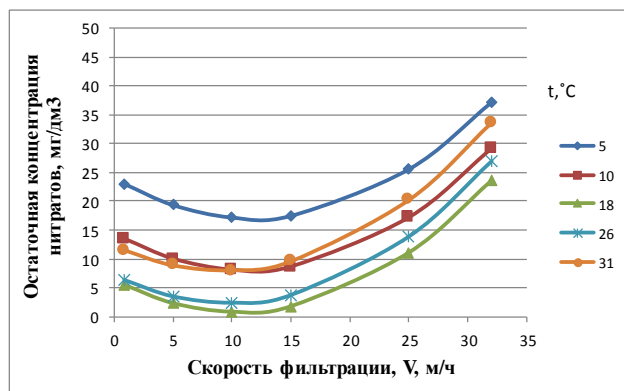


Рисунок 1 – Влияние скорости фильтрации V , м/ч, на процесс удаления нитратов при различной температуре воды t , °С, и параметре $H/d=5,6$

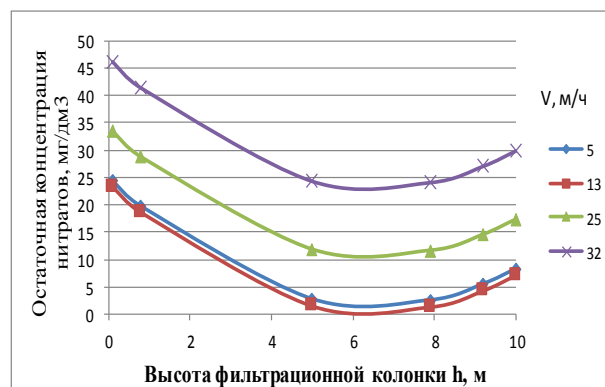


Рисунок 2 – Влияние параметра h , м, на процесс удаления нитратов при различной скорости фильтрации V , м/ч, и температуре воды $t=19$ °С

Анализ уравнения по определению $У$ в зависимости от h , V и t , выполненный с использованием свойства функции, имеющей экстремум (в точке экстремума первая производная функции равна нулю), позволил установить, что минимальная остаточная концентрация нитратов в процессе ионообменной очистки воды достигается при определенных значениях исследованных факторов (рисунки 1, 2).

Список использованных источников

1. Дегтярев, Д. А. Пошаговая методика проведения многофакторного эксперимента. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://manufactors.ru>. – Дата доступа: 07.01.2019.
2. Мухачёв, В. А. Планирование и обработка результатов эксперимента: учеб.-метод. пособие / В. А. Мухачев. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2007. – 118 с.
3. Андреюк, С. В. Исследование методов физико-химической очистки природных вод от нитратов / С. В. Андреюк // Сборник научных статей Международной научно-практической конференции, Брест, 6–8 апреля 2016 г. : в 2-х ч. / УО «Брестский гос. технический ун-т.»; под ред. А.А. Волчек [и др.]. – Брест, 2016. – Ч.II. – С. 159–163.
4. Саутин, С. П. Планирование эксперимента в химии и химической технологии. – Л.: Химия, 1975. – 47 с.
5. Житенев, Б. Н. Исследование метода ионообменной очистки природных вод от нитратов / Б. Н. Житенев, С. В. Андреюк, М. А. Таратенкова // Современные тенденции развития науки: материалы Международной научно-практической конференции молодых ученых. – Ровно, 12 мая 2016 г. / Национальный ун-т водного хоз-ва и природопользования. – Ровно, 2016. – С. 132–134.

ПОЧВЕННАЯ ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД СВИНОКОМПЛЕКСА ОТ САНИТАРНО-ПОКАЗАТЕЛЬНОЙ МИКРОФЛОРЫ

Чезлова О. Е.,¹ Волчек А. А.²

¹ ГНУ «Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси», г. Брест

² УО «Брестский государственный технический университет», г. Брест

Свиноводческие комплексы являются одними из основных источников загрязнения окружающей среды не только биогенными элементами и токсическими веществами, но и возбудителями инфекционных заболеваний. Наибольшие антропогенные нагрузки на экосистемы оказывают предприятия индустриального животноводства, что обусловлено большими объемами образующихся сточных вод (СВ), высокой плотностью животных [1].

Утилизация СВ свинокомплексов в Республике Беларусь производится преимущественно на земледельческих полях орошения (ЗПО). Состав дренажных вод (ДВ) мелиоративных систем, использующих СВ свиноводческих комплексов, имеет большое количество микробиологических компонентов, которые, при отсутствии научно-разработанной технологии, мигрируют в окружающие природные экосистемы, способствуя их загрязнению [1, 2, 3, 4].

Целью данной работы является оценка почвенной очистки от санитарно-показательной микрофлоры осветленных животноводческих СВ из резервуара осветленных стоков (РОС) селекционно-гибридного центра (СГЦ) «Западный».

В ходе выполнения работы решались задачи определения в СВ и ДВ следующих микробиологических показателей: общих колиформных бактерий (ОКБ), термотолерантных колиформных бактерий (ТКБ), энтерококков, сульфитредуцирующих клостридий, общего микробного числа (ОМЧ).

ОАО «СГЦ «Западный» является крупным животноводческим комплексом, рассчитанным на воспроизводство, выращивание и откорм в течение года более 100000 голов свиней. В год на предприятии образуется до 400 тыс. м³ стоков, которые утилизируются на ЗПО.

ЗПО ОАО «СГЦ «Западный» являются типичными для юго-запада Беларуси. Почва ЗПО характеризуется как дерново-подзолистая, глееватая. На исследуемом участке заложен гончарный дренаж на глубине 1,2 м. Полив исследуемого участка производился после уборки выращиваемой культуры (ячмень) СВ из РОС. Фактическая оросительная норма на исследуемом участке составила в среднем 2000 м³/га. Отбор проб производился через 5 дней после полива. Погодные условия в день отбора проб были следующие: среднесуточная температура +7,6 °С, без осадков.

Отбор проб СВ и ДВ проводился в соответствии с СТБ ГОСТ Р 51592-2001 «Вода. Общие требования к отбору проб». Пробы СВ из РОС отбирались с глубины 10 – 15 см от поверхности воды. ДВ отбирались непосредственно из дренажного устья в местах их впадения в мелиоративный канал. До начала исследования пробы хранились в холодильнике. Для определения микробиологических показателей использовались стандартные методики [5].

Сущность процесса почвенной очистки состоит в фильтрации СВ через орошаемую почву, в результате чего вокруг ее частиц образуется биологическая пленка, на поверхности которой не только минерализуются органические компоненты стоков, но и абсорбируются и отмирают патогенные микроорганизмы и гельминты. Качественная очистка обусловлена водно-воздушным режимом почвы, а также качеством и количеством СВ.

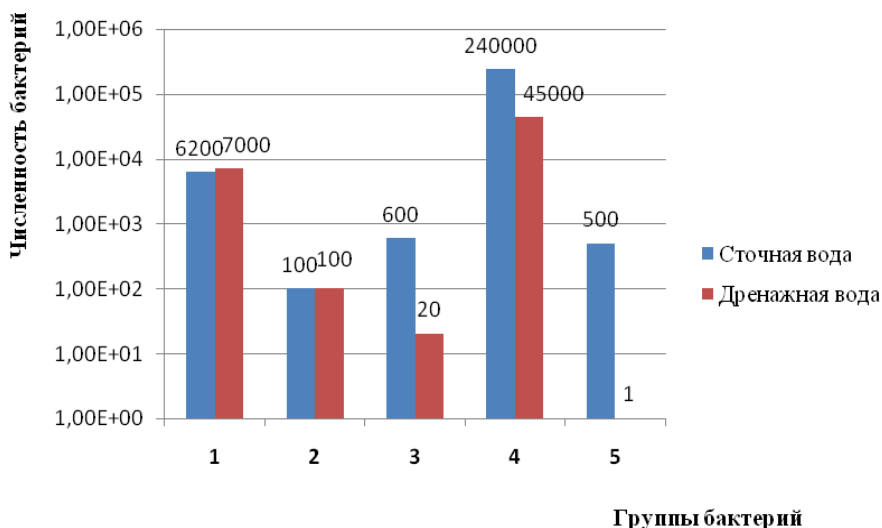
Проведенное исследование выявило различную степень почвенной очистки СВ в отношении разных групп санитарно-показательной микрофлоры. Так, в случае бактерий группы кишечной палочки очистка практически отсутствовала: для ОКБ произошло нарастание бактерий на 11,4% (в СВ – $6,2 \cdot 10^3$, в ДВ – $7 \cdot 10^3$ КОЕ/100 мл), количество ТКБ осталось неизменным (10^2 КОЕ/100 мл) (рисунок 1).

Отсутствие эффективности очистки в отношении колиформ свидетельствует о слишком высокой поливной норме СВ ($2000 \text{ м}^3/\text{га}$), а также менее выраженных абсорбирующих свойствах грунта в отношении бактерий данной группы.

Хорошая почвенная очистка наблюдалась в отношении энтерококков. Так, в СВ данный микроорганизм находился в количестве $6 \cdot 10^2$ КОЕ/100 мл, а в ДВ их количество уменьшилось до 20 КОЕ/100 мл. Произошло снижение количества бактерий в 30 раз (на 96,7%).

Количество микроорганизмов из группы ОМЧ в СВ составило $2,4 \cdot 10^5$ КОЕ/мл, а в ДВ – $4,5 \cdot 10^4$ КОЕ/мл. Наблюдалось снижение численности бактерий данной группы в 5,5 раз (на 81,3%).

Наибольшая эффективность почвенной очистки была выявлена в отношении спор сульфитредуцирующих клостридий. Так, если в СВ данные микроорганизмы содержались в количестве $5 \cdot 10^2$ КОЕ/20 мл, то в ДВ их количество снижается в 500 раз (до 1 КОЕ/20 мл). Таким образом, можно сказать, что в отношении данной группы санитарно-показательных бактерий почвенная очистка произошла на 99,8%.



1 – ОКБ, КОЕ/100 мл; 2 – ТКБ, КОЕ/100 мл; 3 – энтерококки, КОЕ/100 мл;
4 – ОМЧ, КОЕ/мл; 5 – сульфитредуцирующие клостридии, КОЕ/20 мл

Рисунок 1 – Содержание санитарно-показательных бактерий в сточных и дренажных водах

Выводы

Выявлена различная степень почвенной очистки сточных вод свиного комплекса в отношении разных групп санитарно-показательных микроорганизмов, что обусловлено как свойствами грунта, так и свойствами бактерий. Наибольшая эффективность данного метода отмечается для сульфитредуцирующих клостридий – почвенный слой задерживал до 99,8% спор данных бактерий. Высокая эффективность очистки обнаружена в отношении энтерококков (96,7%) и бактерий из группы общего микробного числа (81,3%). В отношении колиформ почвенная очистка оказалась неэффективной. Более того, количество общих колиформных бактерий увеличилось после прохождения через почвенный слой на 11,4%.

Поливную норму сточных вод на данном полевым участке рекомендуется снизить до $1000\text{-}1500 \text{ м}^3/\text{га}$.

Список использованных источников

1. Медведский, В.А. Охрана окружающей среды от загрязнения отходами животноводства: практическое пособие / В. А. Медведский, Т. В. Медведская. – Витебск: ВГАВМ, 2013. - 181 с
2. Желязко, В.И. Использование бесподстилочного навоза на мелиорируемых агроландшафтах. Теория и практика / В.И. Желязко, П.Ф. Тиво. – Минск: ИООО «Право и экономика, 2006. – 296 с.
3. Баранников, В.Д. Охрана окружающей среды при биологической очистке бесподстилочного навоза и использовании его на кормовых угодьях: автореф. дисс. док.биол. наук : 16.00.06; 16.00.08/ В.Д. Баранников ; Рос. акад. сельхоз. наук, Всерос. НИИ ветеринарии, санитарии, гигиены и экологии. – Москва, 1993.– 47 с.
4. Захарова, О.А. Микробоценоз почвы при разных уровнях антропогенного воздействия: монография / О.А. Захарова, Л.В. Кирейчева, Ю.А. Мажайский. – Рязань, 2004.-162 с.
5. Санитарно-бактериологический санитарно-вирусологический и санитарно-паразитологический анализ воды поверхностных водных объектов: инструкция по применению, утв. М-вом здравоохранения Респ. Беларусь 08.05.2009, № 037-0409. – 51с.

УДК 628.316

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ ПОВТОРНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОКРАШЕННЫХ ПРОМЫВНЫХ ВОД НА ТЕКСТИЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Наумчик Г. О.

УО «Брестский государственный технический университет», г. Брест

Введение. Постепенно вода становится все более ценным ресурсом. Поэтому технологии, позволяющие рационально использовать воду, становятся все более актуальными. Текстильная промышленность является очень крупным потребителем чистой воды, необходимой для осуществления технологических процессов. Наиболее высокие затраты технологической воды требуются для промывки текстильных изделий после крашения и печати водорастворимыми красителями [1, 2]. Например, на предприятии ОАО «Свитанак» при осуществлении окрашивания 1 т ткани для приготовления красильного раствора в среднем используют 4,1 м³ технологической воды, затем после крашения осуществляют 10 промывок, затрачивая 4,1 м³ воды на каждую промывку. Таким образом, на крашение 1 т ткани расходуется около 45 м³ технологической воды, из них 41 м³ используется для промывки ткани. Следует отметить, что в настоящее время на ОАО «Свитанак» для осуществления каждой стадии промывки используется свежая вода, отвечающая высоким требованиям к качеству. Т. е. на приготовление красильных растворов и на все стадии промывки используется вода, соответствующая требованиям к качеству технологической воды, подаваемой на красильно-отделочное производство. Более рациональным является повторное использование отработанной технологической воды на нужды промывки, поскольку данная вода была предварительно подготовлена по таким показателям, как общая жесткость, содержание железа, цветность, содержание взвешенных веществ. В работе [1] предлагается снижать расход воды, используемой для промывки тканей после крашения, за счет применения противоточной системы промывки. Однако данная система может быть легко реализована только в технологических линиях непрерывной обработки ткани, а осуществлять противоточную систему промывок в аппаратах с периодическими процессами обработки ткани весьма затруднительно. Осуществить разделение и сбор потоков промывных вод после различных стадий промывки ткани с целью их повторного использования очень сложно, поскольку общее количество работающих аппаратов

составляет десятки единиц. При этом для повторного использования промывных вод необходимо организовать сбор воды из различных аппаратов после одной и той же стадии промывки в отдельную емкость. Поскольку в различных аппаратах ткань красится в разные цвета, а также с учетом того, что красильные аппараты работают в несинхронном режиме (т. е. некоторые аппараты только загружаются, а другие в это же время уже заканчивают промывку), задача становится практически неразрешимой, т. к. существует жесткое условие использования для повторной промывки ткани воды одного и того же цвета. Поэтому повторное использование промывных вод для промывки ткани на текстильных предприятиях, использующих аппараты с периодическим принципом действия, не применяется. В настоящее время на большинстве текстильных предприятий в основном выполняется обработка небольших партий текстильных изделий в аппаратах периодического действия. В статье [3] показана высокая эффективность применения озона для снижения интенсивности окраски сточных вод текстильных предприятий. Из этого следует вывод об эффективности метода озонирования для удаления окраски промывных вод, что позволит повторно использовать обесцвеченные озоном промывные воды с последних шести промывок тканей на первые четыре промывки.

Основная часть. Для обоснования целесообразности осуществления повторного использования регенерированных промывных вод был выполнен приблизительный экономический расчет на примере текстильного предприятия ОАО «Свитанак». Для его выполнения с вышеуказанного предприятия были получены данные по стоимости свежей воды, расхода и стоимости химических реагентов, используемых в процессе водоподготовки, а также платы за отведение сточных вод в коммунальную канализацию.

Для технологических нужд ОАО «Свитанак» используется речная вода, покупаемая у холдинга «БелАЗ» по цене 0,78 руб. за 1 м³. Далее на локальной станции водоподготовки технологической воды предприятия ОАО «Свитанак» осуществляется очистка речной воды до соответствия общим требованиям, предъявляемым к технологической воде красильно-отделочного производства [1]. На первом этапе водоподготовки выполняется реагентная очистка речной воды с использованием сульфата алюминия в качестве коагулянта и полиакриламида (ПАА) в качестве флокулянта. На втором этапе водоподготовки осуществляется умягчение данной воды на ионообменных фильтрах. Для регенерации ионообменных фильтров используется хлорид натрия. Расход коагулянта 1,150 т/сут., расход флокулянта в виде геля 0,07 т/сут., расход поваренной соли 52 т/мес. (примерно 2,4 т/сут.). Денежные затраты на коагулянт при стоимости сульфата алюминия 798,7 руб./т составляют 918,5 руб./сут. Затраты на флокулянт при стоимости полиакриламида в виде геля 1379 руб./т равны 96,5 руб./сут. Финансовые расходы на хлорид натрия при его цене 244,6 руб./т составляют 587 руб./сут. Суммарные денежные затраты на реагенты, используемые для подготовки 1000 м³ технологической воды, равны 801 руб./сут. Следовательно, удельные финансовые затраты на реагенты для осуществления подготовки 1 м³ воды, используемой для технологических нужд, составляет 0,8 руб. Оплата за отведение 1 м³ воды в коммунальную систему водоотведения равна 0,62 руб. В итоге, для подготовки 1 м³ технологической воды на предприятии ОАО «Свитанак» расходуется 2,2 руб. Следует отметить, что в данную сумму не входит стоимость доставки реагентов, оплата труда сотрудников, работающих на станции водоподготовки, а также оплата электроэнергии, расходуемой в процессе эксплуатации станции подготовки технологической воды.

По данным, полученным с ОАО «Свитанак», на крашение и промывку ткани после крашения расходуется около 1400 м³ технологической воды в сутки. Как отмечалось выше, на крашение 1 т ткани расходуется 4,1 м³ технологической воды, а на последующие 10 промывок расходуется еще 41 м³ воды. При повторном использовании

воды с последних шести стадий промывки ткани можно уменьшить расход технологической воды примерно на 35%. При расходе технологической воды на крашение и промывки 1400 м³/сут. повторно можно использовать 490 м³/сут. С учетом себестоимости 1 м³ технологической воды 2,2 руб., экономия может составить 1078 руб./сут. (269500 руб./год при 250 рабочих днях).

Для регенерации образующейся при промывке ткани промывной воды объемом 490 м³/сут. дозой озона 12 г/м³ требуется 5880 г озона в сутки. Поэтому требуемая производительность озонаторной установки, работающей 24 часа в сутки, составит 245 г О₃/ч. Озонаторная установка производительностью 250 г О₃/ч, состоящая из концентратора кислорода и озонатора, может потреблять приблизительно 4 кВт электроэнергии в час. При средней стоимости 1 кВт·ч электроэнергии, отпускаемой промышленным предприятиям 0,2 руб., эксплуатационные расходы на электроэнергию составят 0,8 руб./ч, или 19,2 руб./сут. Из этого следует, что за одни сутки повторного использования промывной воды в объеме 490 м³, регенерированной методом озонирования, экономический эффект составит:

$$\Theta = C_{уд.тех} \cdot V_{сут} - C_{эл} = 2,2 \cdot 490 - 19,2 = 1058,8 \text{ руб.}$$

$C_{уд.тех}$ – полная стоимость 1 м³ технологической воды для предприятия, бел. руб.;

$V_{сут}$ – суточный расход повторно используемых промывных вод, м³/сут.;

$C_{эл}$ – стоимость электроэнергии, потребляемой озонаторной установкой за одни сутки, бел. руб.

Стоимость озонаторной установки производительностью 250 г озона в час составляет около 100000 руб. Финансовые расходы на прокладку трубопроводов и наладку системы автоматики, обеспечивающие процесс повторного использования отработанной технологической воды с промывки ткани, составят от 60000 до 80000 руб. С учетом этого, сумма годовой экономии от повторного использования промывной воды на ОАО «Свитанак» превысит капитальные затраты на озонаторную установку, сборные емкости и реконструкцию внутрицеховых сетей подачи воды на промывку и ее отвода в канализацию.

Заключение. При использовании обесцвеченной озоном смеси промывных вод с последних шести стадий промывок ткани можно повторно использовать примерно 30...35% воды, потребляемой предприятием ОАО «Свитанак» на технологические нужды, что составляет примерно 490 м³/сут. Приблизительный экономический расчет показывает, что суточная экономия денежных средств, возникающая за счет повторного использования промывной воды на ОАО «Свитанак», может составить 1058 руб., а соответственно годовая экономия более 250 000 руб. Данный экономический эффект позволит менее чем за 1 год окупить затраты на озонаторную установку и прочее необходимое оборудование, а также на реконструкцию сетей канализационно-водопроводного хозяйства текстильного предприятия.

Список использованных источников

1. Васильев, Г.В. Водное хозяйство и очистка сточных вод предприятий текстильной промышленности / Г.В. Васильев, Ю.М. Ласков, Е.Г. Васильева. – М.: Легкая индустрия, 1976. – 224 с.

2. Краснобородько, И.Г. Деструктивная очистка сточных вод от красителей / И.Г. Краснобородько. – Л.: Химия, 1988. – 192 с.

3. Житенев, Б.Н. Применение озона для снижения окраски сточных вод текстильных предприятий легкой промышленности / Б.Н. Житенев, С.Г. Белов, Г.О. Наумчик // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2010. – № 2: Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – С. 90–97.

РАЦИОНАЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ ФТОРСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД

Урецкий Е. А.,¹ Мороз В. В.,² Яскевич Я. М.³

¹ Белорусская инженерная технологическая академия

² УО «Брестский государственный технический университет», г. Брест

³ Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Известно, что очистка сточных вод от простых фторидов осуществляется переводом фторид-ионов в малорастворимые в воде соединения, выпадающие в осадок. Для этой цели в качестве реагента используют известь (известковое молоко) или растворимые в воде соли кальция. Основная реакция осаждения фторида кальция:



Произведение растворимости CaF_2 равно $4 \cdot 10^{-11}$, соответственно растворимость его в воде при 20°C составляет 16 мг/дм^3 , вследствие чего остаточная концентрация фторид-ионов в обработанной таким образом воде равна $8 - 9 \text{ мг/дм}^3$ [1].

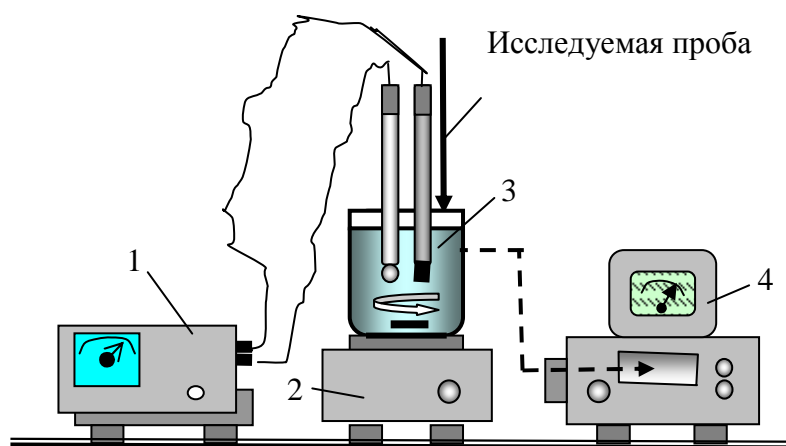
По существующим предельно-допустимым нормам концентрация фторидов не должна превышать $1,5 \text{ мг/дм}^3$. Следовательно, очищаемая осаднением фторида кальция вода должна быть доочищена или разбавлена в 6 раз. При концентрациях фтора более 50 мг/дм^3 традиционно реагентная очистка промывных фторсодержащих сточных вод производится в два этапа [1,2].

На первом этапе сточные воды обрабатываются известью при $\text{pH} = 10,5-11$ и отстаиваются с доведением концентраций по фтору до 20 мг/дм^3 . На втором этапе сточные воды обрабатываются либо раствором сернокислого алюминия при $\text{pH} = 6,0 - 7,0$, либо раствором двухосновного фосфорнокислого натрия $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ или суперфосфата $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ в щелочной среде.

После второго этапа также производится отстаивание, в результате которого содержание фторидов в сточных водах снижается до $1,5 \text{ мг/дм}^3$.

Авторами статьи была опробована очистка фторсодержащих сточных вод в один этап с последующей их обработкой с кислотно-щелочными сточными водами. При этом было достигнуто снижение концентрации фторидов до $1,5 \text{ мг/дм}^3$.

Работу проводили, используя опытную установку, показанную на рис. 1.



1 – иономер ЭВ-74; 2 – магнитная мешалка; 3 – стакан с исследуемой пробой;
4 – фотоэлектрокалориметр КФК-2

Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки

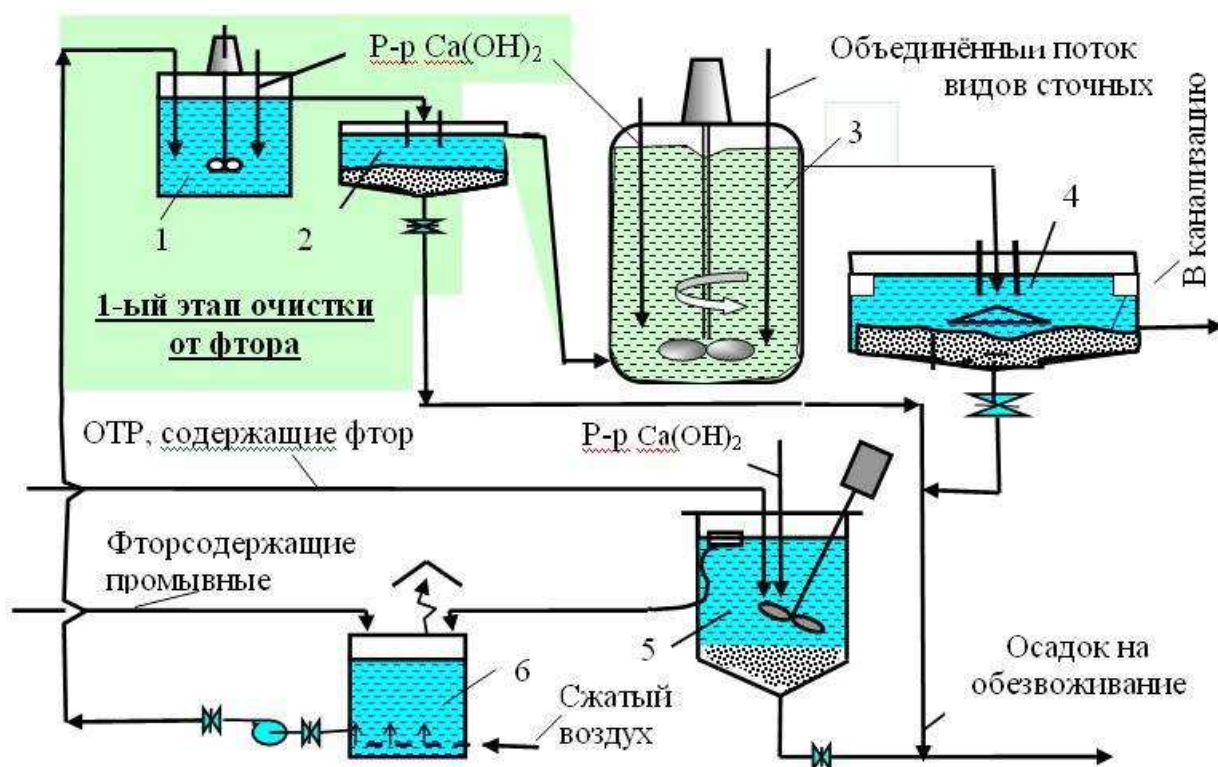
Таблица 1 – Результаты совместной обработки фторсодержащих и кислотно-щелочных сточных вод

Исходный фторсодержащий сток		Исходный фторсодержащий сток, разбавленный дистиллированной водой		Совместно обработанный сток кислотно-щелочными (натурный сток)		
$pH_{исх}$	Содержание фтора, мг/дм ³	Соотношение стоков	Содержание фтора, мг/дм ³	Соотношение стоков	pH	Содержание фтора, мг/дм ³
6,16	3,30	1:5	0,67	1:5	8,56	0,20
6,21	5,60	1:5	1,1	1:5	8,60	0,54
6,30	7,92	1:5	1,6	1:5	8,62	1,1
6,15	19,70	1:5	3,9	1:5	8,52	1,46
6,32	20,90	1:5	4,2	1:5	8,50	1,49

Определение концентрации фтора осуществлялось потенциометрическим методом, используя систему, состоящую из измерительного фторидного электрода и вспомогательного хлорсеребряного по ГОСТ 4386-81. Результаты обработки фторсодержащих сточных вод, после первого этапа их обезвреживания, кислотно-щелочными сточными водами приведены в таблице.

Согласно проведенным исследованиям было установлено, что после обезвреживания фторсодержащих сточных на первом этапе, и последующей их совместной очистке с кислотно-щелочными сточными водами, в обработке их на втором этапе нет необходимости

На основании проведенных исследований была разработана рациональная технология обработки фторсодержащих сточных вод, которая приведена на рис. 2.



1 – Реактор 1-ой степени; 2 – отстойник 1-ой степени сточных вод, содержащих фтор; 3 – реактор-нейтрализатор всех видов сточных вод; 4 – отстойник всех видов сточных вод; 5 – реактор-декантатор фторсодержащих ОТР; 6 – приемная ёмкость промывных фторсодержащих стоков и декантата из поз. 6

Рисунок 2 – Рациональная схема обработки фторсодержащих сточных вод

Выводы

Внедрение рациональной технологии очистки фторсодержащих сточных вод реагентным способом позволило:

- отказаться от второй ступени очистки фторсодержащих сточных вод;
- значительно снизить аппаратное оформление способа очистки сточных вод от фтора;
- обойтись без товарных реагентов $Al_2(SO_4)_3$ и $Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O$;
- многократно снизить вторичное загрязнение сточных вод алюминием и фосфатами.

Рациональная технология очистки фторсодержащих сточных совместно с кислотно-щелочными внедрена и успешно функционирует на Брестском электромеханическом заводе [3, 4].

Список использованных источников

1. Рекомендации по проектированию водоснабжения и канализации цехов гальванических покрытий / Госстрой СССР, ГПИ "САНТЕХНИИПРОЕКТ".БЗ-79. – М., 1992.
2. Урецкий, Е.А. Ресурсосберегающие технологии в водном хозяйстве промышленных предприятий: монография – Брест: Изд-во БрГТУ, 2008. – 320 с.
3. Гогина, Е.С. Ресурсосберегающие технологии промышленного водоснабжения и водотведения: справочное пособие / Е.С. Гогина, А.Д. Гуринович, Е.А. Урецкий. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2012. – 312 с.
4. Урецкий, Е.А. Ресурсосберегающие технологии в водном хозяйстве промышленных предприятий: монография. – Germany: изд-во LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. – 360 с. с илл.

УДК 628.196

КОАГУЛЯНТЫ ИЗ ОТХОДОВ ВОДОПОДГОТОВКИ

Осинин М. С.

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

В процессе водоподготовки для очистки воды, преимущественно из поверхностных источников, используются коагулянты. Данные отходы относятся к 3 классу опасности. Объем образования данных отходов составляет 5800 т/год (по данным за 2014 год).

В нашей стране данные отходы полезно не применяются. Однако на сегодняшний день предложены различные варианты их использования. Перспективность этого также может быть подкреплена тем фактом, что данные отходы имеют достаточно постоянный состав с преимущественным содержанием кальция, железа и алюминия. Для данных отходов преимущественно проработаны направления использования при получении различных строительных материалов [1]. В то же время существует ряд публикаций, посвященных исследованию процессов получения коагулянтов из данных отходов и других отходов, образующихся в процессах водоподготовки [2–7]. Одной из основных стадий получения коагулянтов из отходов является выщелачивание из них целевых металлов (железо, алюминий). Ранее нами было исследовано кислотное выщелачивание железа из осадков коагуляции поверхностных вод [8]. Целью данной работы является сравнительный анализ полученного коагулянта с товарными сульфатами железа и алюминия.

Коагулянт готовился из осадков коагуляции поверхностных вод, в его составе 16,7 мас.% алюминия и 7,4 мас.% железа. Поскольку в составе отхода находится кальций, то выщелачивание проводили серной кислотой. Из результатов кислотного

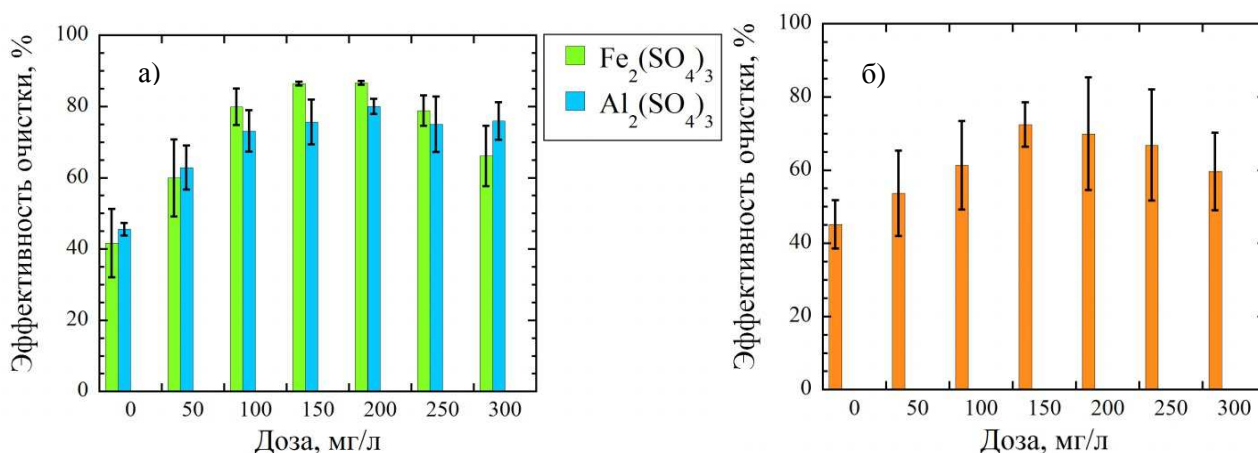
выщелачивания (таблица 1) видно, что оптимальными параметрами являются концентрация кислоты – 10%, время выщелачивания 60 мин.

Таблица 1 – Выщелачивание железа и алюминия из осадков коагуляции

Время, мин.	Концентрация кислоты, %				
	5	10	15	20	30
5	34,9	51,8	58,3	37,5	35,5
15	44,7	70,6	67,5	58,7	55,9
30	56,2	72,0	74,0	61,9	60,3
60	58,5	81,0	76,8	75,1	61,0

В качестве модельной сточной воды использовалась водная суспензия глины с частичками с гидравлической крупностью менее 4 см/мин. Эффективность очистки проверяли при длине волны 500 нм на спектрофотометре Metertech SP-830 Plus с диапазоном длин волн 320–999 нм; точность длин волн ± 1 нм; точность фотометрическая 1%. Измерения проводили для 2–3 параллельных опытов.

Результаты эффективности очистки модельной сточной воды с использованием товарных коагулянтов и коагулянта полученного из отхода представлены на рисунке 1.



а – товарные коагулянты; б – коагулянт из отходов водоподготовки
Рисунок 1 – Эффективность коагуляции модельных сточных вод

Полученные данные свидетельствуют о хорошей эффективности очистки при использовании полученного коагулянта из отходов сравнимой с использованием товарного сульфата алюминия. При этом оптимальная доза для анализируемых коагулянтов составляет 150 мг/л.

Список использованных источников

1. Романовский, В.И. Получение керамических материалов строительного назначения с использованием отходов станций обезжелезивания / В.И. Романовский, Е.В. Крышилович, П.А. Клебеко // Вода magazine. – 2018. – №2(126). – С. 8–11.
2. Романовский, В.И. Очистка промывных вод станций обезжелезивания с использованием отходов водоподготовки / В.И. Романовский, П.А. Клебеко, Е.В. Романовская // Вестник БрГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2018. – №2(104). – С. 90–92.
3. Романовский, В.И. Отходы синтетических материалов для очистки нефтесодержащих сточных вод / В.И. Романовский, В.Л. Грузинова // Водочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – 2018. – №1. – С. 24–29.
4. Романовский, В.И. Поверхностные свойства агрегатов, полученных из отходов отработанных ионообменных смол / В.И. Романовский, В.Л. Грузинова // Вестник БрГТУ. – 2013. – №2: Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – С. 103–106.

5. Романовский, В.И. Водоудерживающие свойства агрегатов, полученных из отходов отработанных ионообменных смол / В.И. Романовский, В.Л. Грузинова // Вестник БрГТУ. – 2013. – №2: Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – С. 101–103.

6. Романовский, В.И. Очистка промывных вод станций обезжелезивания / В.И. Романовский, Н.А. Андреева // Труды БГТУ. Химия и технология неорганических веществ. – 2012. – № 3 (150). – С. 66–69.

7. Романовский, В.И. Термохимическая и механохимическая переработка отходов сетчатых полимеров: дис. ... канд. тех. наук: 25.00.36 – Геоэкология; 05.17.06 – Технология и переработка полимеров и композитов / В.И. Романовский; БГТУ. – Минск, 2008. – 178 с.

8. Осинин М.С. Кислотное выщелачивание железа из осадков коагуляции природных вод / М.С. Осинин, В.И. Романовский, В.В. Лихавицкий, Е.В. Романовская // Вестник БрГТУ. – 2019. – №2: Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – С. 50–52.

УДК628.3

О ПРОБЛЕМНЫХ СИТУАЦИЯХ ВОДООТВЕДЕНИЯ СТОЧНЫХ ВОД С ТЕРРИТОРИИ ОБЪЕКТОВ ПРИДОРОЖНОГО СЕРВИСА

Басалай Е. Н., Лицкевич А. Н.

ГНУ «Полесский аграрно-экологический институт Национальной академии наук Беларуси», г. Брест

Для осуществления сброса сточных вод в окружающую среду водопользователям в соответствии со статьей 30 Водного кодекса Республики Беларусь необходимо получение разрешения на специальное водопользование [1]. В статье рассматривается разработка проекта условий сброса загрязняющих веществ с земельной территории объекта придорожного сервиса, который включает гостиницу, предприятие общественного питания и парковку, на примере отеля «Бона» Кобринского района Брестской области, собственником которого является ЧСУП «Ремсантехстрой» [5, 6].

Объектом исследований являются поверхностные и хозяйственно-бытовые сточные воды с земельной территории и очистных сооружений отеля.

Выпуск поверхностных сточных вод с земельной территории отеля осуществляется в объект-приемник, которым является замкнутый канал, обустроенный по периметру площади земельного участка и не сообщающийся с иными поверхностными водными объектами. Очистка поверхностного стока осуществляется на очистных сооружениях механической очистки, которые представлены маслобензоуловителями [5, 6].

С целью оценки влияния поверхностных сточных вод на водный объект-приемник выполнен отбор и анализ образцов по следующим показателям: рН, взвешенные вещества, БПК₅, СПАВ, нефтепродукты, аммоний-ион, нитрат-ион, фосфор общий, сульфат-ион и хлорид-ион.

Общая площадь водосбора (F) для выполнения расчетов в работе предоставлена ЧСУП «Ремсантехстрой» и составляет 1,4871 га [5]. Рассчитанные с использованием программы «GoogleEarthPro» площади водонепроницаемой зоны (кровли и асфальтобетонные покрытия, га) и площади зеленых насаждений (водопроницаемая зона, газоны, га) составили соответственно 0,69045 га и 0,65075 га.

Среднегодовой объем поверхностных сточных вод ($W_{Г}$, м³) определяли в соответствии с [3] как совокупность среднегодового объема дождевых сточных вод, ($W_{Д}$, м³), среднегодового объема талых сточных вод ($W_{Т}$, м³) и среднегодового объема поливомоечных сточных вод ($W_{М}$, м³). В связи с тем, что предприятие не ведет мойку дорожных покрытий, среднегодовой объем поливомоечных сточных вод ($W_{М}$, м³) в данной работе не рассчитывали.

При расчетах среднегодового объема дождевых сточных вод ($W_D, м^3$) в соответствии с [3] использовали формулу $W_D=10 \times h_D \times \Psi_D \times F$, в которой значение суммарного годового количества жидких осадков за теплый период года (h_D) на основании приложения А.1 [3] принято 425 мм, общий коэффициент стока дождевых сточных вод (Ψ_D) по данным расчетов составил 0,371, и величина общей площади стока (F), предоставленная ЧСУП «Ремсантехстрой» и равная 1,4871 га.

При расчетах среднегодового объема талых сточных вод ($W_T, м^3$) в соответствии с [3] использовали формулу $W_T=10 \times h_T \times \Psi_T \times F$, в которой значение суммарного годового количества жидких осадков за холодный период года (h_T) на основании приложения А.1 [3] принято 185 мм, общий коэффициент стока талых сточных вод (Ψ_T) по данным расчетов, составил 0,6, и величина общей площади стока (F), предоставленная ЧСУП «Ремсантехстрой» и равная 1,4871 га.

Рассчитанные среднегодовые объемы дождевых и талых сточных вод составили соответственно 2344,785 м³ и 1650,681 м³.

Основанием для расчета концентраций загрязняющих веществ, допустимых к сбросу в водоприемник с любой категорией сточных вод, являются действующие нормативные документы [2, 4]. Согласно основному перечню веществ, обязательных к нормированию и контролю, для поверхностных сточных вод нормированию подвергаются значения следующих показателей [2]: для селитебной территории – взвешенные вещества и нефтепродукты; для промышленной площадки предприятия – водородный показатель рН, взвешенные вещества и нефтепродукты. Показатели допустимых концентраций (ДК) загрязняющих веществ в дождевых и талых водах, отводимых с территории отеля «Бона» в водный объект-приемник для получения разрешения на специальное водопользование, представлены в таблице 1.

Согласно требованиям [2], при расчете ДК загрязняющих веществ необходимо рассчитывать и их допустимые сбросы. С этой целью в работе были рассчитаны допустимые сбросы загрязняющих веществ в дождевых и талых водах, отводимых с земельной территории отеля «Бона» в водный объект-приемник для нефтепродуктов и взвешенных веществ, которые составили, соответственно 0,0012 т/год и 0,07991 т/год.

Хозяйственно-бытовые сточные воды, отводимые с территории отеля, и сточные воды ресторана накапливаются в многосекционной выгребной емкости и на коммерческой основе утилизируются КУПП «Кобринрайводоканал».

На основании выполненной работы сделаны следующие выводы:

Таблица 1 – Показатели ДК загрязняющих веществ [5]

Показатель	Концентрация загрязняющих веществ в СВ, поступающих на очистку, мг/дм ³		Концентрация загрязняющих веществ в СВ на выпуске в водный объект, мг/дм ³		Эффективность очистки, %		Расчетное значение ДК, мг/дм ³			Значение ДК по ТКП 17.06-08-2012, мг/дм ³	Предлагаемое значение ДК, мг/дм ³	ПДК рыбохозяйственного водного объекта, мг/дм ³	Фоновая концентрация, мг/дм ³
	средн.	max	средн.	max	факт	проект	по эффекту очистки						
							проект	факт	по ассим. способн. водного объекта				
рН	–	–	–	–	–	–	–	–	–	6,5–8,5	6,5–8,5	6,5–8,5	6,86
взвеш.	–	–	–	–	–	–	–	–	–	20	20	25	8,5
нефтепр.	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,3	0,3	0,05	0,234

Согласно требованиям [2] при расчете ДК загрязняющих веществ необходимо рассчитывать и их допустимые сбросы. С этой целью в работе были рассчитаны допустимые сбросы загрязняющих веществ в дождевых и талых водах, отводимых с земельной территории отеля «Бона» в водный объект-приемник для нефтепродуктов и взвешенных веществ, которые составили соответственно 0,0012 т/год и 0,07991 т/год.

Хозяйственно-бытовые сточные воды, отводимые с территории отеля, и сточные воды ресторана накапливаются в многосекционной выгребной емкости и на коммерческой основе утилизируются КУПП «Кобринрайводоканал».

На основании выполненной работы сделаны следующие выводы:

1. В результате выполнения работы проведен расчет объемов хозяйственно-бытовых и поверхностных сточных вод, отводимых с земельной территории отеля «Бона», проведено исследование качества данных категорий сточных вод.

2. На основании действующих в настоящее время нормативных документов [2, 4] разработаны условия водоотведения хозяйственно-бытовых и поверхностных сточных вод территории отеля «Бона».

3. Предприятию ЧСУП «Ремсантехстрой» предложены мероприятия по оптимизации системы водоотведения [5] и разработана инструкция по эксплуатации очистных сооружений отеля «Бона» [6].

4. Отмечено, что в Республике Беларусь нет документов, регламентирующих водоотведение с территории объектов придорожного сервиса (гостиница, парковка, предприятия общественного питания и т. п.), так как действие [2] распространяется на организации, эксплуатирующие системы водоотведения, сточные воды которых отводятся в водные объекты или системы коммунальной канализации, но не предусматривает отведение сточных вод в локальные объекты-приемники, которые не сообщаются с иными поверхностными водными объектами.

Список использованных источников

1. Водный кодекс Республики Беларусь [Электронный ресурс]: 30 апреля 2014 г., № 149-З: принят Палатой представителей 2 апреля 2014 года: одобрен Советом Респ. 11 апреля 2014 года: в ред. Закона Респ. Беларусь от 18.07.2016 г. // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2017.

2. Охрана окружающей среды и природопользование. Порядок установления нормативов допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод = Ахова навакольнага асяроддзя і прыродакарыстанне. Гідрасфера. Парадак устанавлення нарматываў дапушчальных скідаў хімічных і іншых рэчываў у складзе сцэкавых вод: ТКП 17.06-08-2012 (02120). – Введ. 29.06.12. – Минск: Мин-во природных ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь, 2012. – 69 с.

3. Системы дождевой канализации. Строительные нормы проектирования = Сістэмы дажджавой каналізацыі. Будаўнічыя нормы праектавання: ТКП 45-4.01-57-2012 (02250). – Введ. 04.07.12. – Минск: Министерства архитектуры и строительства Респ. Беларусь, 2012. – 32 с.

4. Охрана окружающей среды и природопользование. Технологические нормативы. Часть 1. Расчет технологических нормативов водопользования = Ахова навакольнага асяроддзя і прыродакарыстанне. Тэхналагічныя нарматывы. Частка 1. Разлік тэхналагічных нарматываў водакарыстання: ТКП 17.02-13/1-2015 (33140). – Введ. 01.10.15. – Минск: Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь, 2015. – 38 с.

5. Разработка проекта условий сброса загрязняющих веществ с территории отеля «Бона» в составе производственных, дождевых и близких к ним категорий сточных вод в поверхностный водный объект – канал Бону: отчет о НИР (промежут.) / Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси; рук. Е. Н. Басалай. – Брест, 2017. – 37 с. – № ГР 20170340.

6. Разработка проекта условий сброса загрязняющих веществ с территории отеля «Бона» в составе производственных, дождевых и близких к ним категорий сточных вод в поверхностный водный объект – канал Бону: отчет о НИР (закл.) / Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси; рук. Е. Н. Басалай. – Брест, 2017. – 26 с. – № ГР

АНАЛИЗ СИСТЕМ ВОДООЧИСТКИ ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Лицкевич А. Н., Гулькович М. В.

ГНУ «Полесский аграрно-экологический институт Национальной академии наук Беларуси», г. Брест

Водоотведение перерабатывающих предприятий характеризуется высокой неравномерностью поступления стоков, значительными колебаниями качественного состава, что осложняет, а часто делает невозможным нормальную работу традиционных очистных сооружений.

Система водоочистки перерабатывающих предприятий в классическом виде включает этапы механической, физико-химической и биологической очистки, а также обезвоживание осадка сточных вод.

Рассмотрим системы очистки сточных вод (СВ) следующих перерабатывающих предприятий: ОАО «Березовский сыродельный комбинат», ОАО «Верхнедвинский маслосырзавод», ОАО «Щучинский маслосырзавод», ОАО «Ляховичский молочный завод», ОАО «Поставский молочный завод», ОАО «Пружанский молочный комбинат», СП «Санта Бремор» ООО.

Механическая очистка применяется для выделения из СВ нерастворенных минеральных и органических примесей. Она осуществляется процеживанием через решетки, пескоулавливанием, отстаиванием и фильтрованием. Механическая очистка обеспечивает выделение из СВ до 90-95 % взвешенных веществ и снижение органических загрязнений (по показателю БПК_{полн}) до 20-25 %. Преимущество процессов механической очистки заключается в возможности их применения без добавления химических реагентов [1].

На молокоперерабатывающих предприятиях г. Березы и г. Верхнедвинска и на рыбоперерабатывающем предприятии СП «Санта Бремор» ООО начальная стадия механической очистки СВ осуществляется путем процеживания на дуговых ситах, которые с помощью клиновидных решеток отделяют взвеси с размерами частиц, превышающих размер прозора. Взвеси собираются в предназначенные пакеты и вывозятся на полигон твердых коммунальных отходов. Технология очистки СВ Щучинского маслосырзавода предусматривает очистку на барабанном сите, а на очистных сооружениях Поставского молочного завода – с помощью канальной решетки.

Эффективность работы процеживателей и их производительность зависят от величины отверстий и характера твердой фазы СВ. Ширина прозоров канальной решетки равна 5 мм, а размеры отверстий барабанного и дугового сита меньше и составляют 0,25-1 мм и 0,25-1,5 мм. Производительность барабанного и дугового сит колеблется от 40 до 60 м³/(м²·ч). Барабанные и дуговые сита позволяют удалить из СВ песок, крупный мусор и до 30% жиров и других загрязнений, которые характеризуются показателями ХПК и БПК. Они легки в эксплуатации, имеют самое лучшее соотношение производительности и энергопотребления.

Механическая очистка сточных вод на локальных очистных сооружениях Пружанского молочного комбината представлена двумя открытыми безнапорными гидроциклонами. Гидроциклоны применяются для выделения из СВ не только оседающих, но и всплывающих веществ. Удельная производительность открытых гидроциклонов составляет 2-20 м³/(м²·ч).

Физико-химические методы используются для очистки СВ от растворенных приме-

сей, также в некоторых случаях и от взвешенных частиц. Основными методами являются флотация, экстракция, нейтрализация, сорбция, ионообменная очистка, гиперфльтрация, электрохимическая очистка, озонирование, электрокоагуляция, эвапорация [1].

Физико-химическая очистка рассматриваемых перерабатывающих предприятий (кроме ОАО «Ляховичский молочный завод» и ОАО «Пружанский молочный комбинат») осуществляется методом флотации.

Использование флотаторов на очистных сооружениях предприятий пищевой промышленности, перерабатывающих жиросодержащие продукты (маслозаводы, консервные заводы, рыбозаводы и т. д.), обусловлено высоким содержанием в стоках жиров, обладающих гидрофобными свойствами. Эффективность флотационного способа очистки воды тем выше, чем более склонны к гидрофобности вещества, содержащиеся в СВ.

Биологическая очистка СВ может осуществляться аэробными и анаэробными методами. Аэробные процессы биологической очистки могут протекать в природных условиях (поля фильтрации, биологические пруды и др.) и в искусственных сооружениях (аэротенки, биофильтры разной конструкции), где процессы очистки протекают с большей скоростью. Системы анаэробной очистки применяют для сбраживания высококонцентрированных стоков, осадков, активного ила очистных сооружений. Процессы с использованием традиционных сооружений чаще всего осуществляются в анаэробных лагунах, септиках (септиках), метантенках, контактных биореакторах [1, 2].

Как правило, СВ подвергаются биологической очистке на предприятиях, которые осуществляют самостоятельный сброс стоков в поверхностные водные объекты (Поставский молочный завод, Верхнедвинский маслосырзавод), а также в случае недостаточной эффективности физико-химической очистки, после которой качество воды не соответствует нормам приема в сеть городской канализации (Березовский сыродельный комбинат). На рыбоперерабатывающем предприятии СП «Санта Бремор» ООО очистка СВ завершается флотацией, поскольку нормируемые показатели стоков достигают требуемых значений.

Классическим искусственным сооружением для аэробной биологической очистки СВ является аэротенк, который обычно работает в паре со вторичным отстойником, где происходит разделение очищенной СВ на выходе из аэротенка и суспензии активного ила [2]. Такой способ биологической очистки СВ применяется на локальных очистных сооружениях Щучинского маслосырзавода и Поставского молочного завода. Для удаления избыточного активного ила в первом случае используется флотатор, во втором – вторичный отстойник радиального типа.

На предприятиях рыбной и молочной промышленности наиболее надежным является применение сооружений периодического действия (SBR) для биологической очистки (нежели пропускных сооружений постоянного действия), поскольку такая технология значительно устойчивее к неравномерности поступления стоков и колебаниям загрязненности. Основным элементом является аэротанк. Чаще всего применяются два параллельных аэротанка периодического действия, соединенные в общий технологический процесс.

Технологический цикл каждого аэротанка состоит из 4-х фаз:

- 1) поступление (накопление) СВ;
- 2) биологическая очистка СВ;
- 3) осаждение ила;
- 4) сток (выкачивание) очищенных СВ.

Все стадии процесса биологической очистки СВ в аэротанках периодического действия происходят в одной емкости. Во время фазы отделения ила он осаждается в абсолютно спокойных условиях. В таких условиях даже тяжело оседающий ил (в том числе и нитевидные бактерии) оседает, и СВ становятся прозрачными. Любые вто-

ричные отстойники, используемые в сооружениях пропускного типа (вертикальные, горизонтальные, радиальные), не могут обеспечить таких благоприятных условий для осаждения ила.

Технология биологической очистки в SBR реакторах однократного замеса используется на молокоперерабатывающих предприятиях в Березе и Верхнедвинске. После биологической очистки избыточный активный ил поступает в иловый резервуар.

Аэротенки и SBR реакторы схожи по своей эффективности и применяются наиболее часто. SBR реакторы требуют меньше затрат на капитальное строительство, однако при этом сложны в управлении. Отмечается нестабильная работа аэротенков и SBR реакторов при понижении температуры (чем ниже температура, тем меньше степень очистки СВ).

Максимально высокую степень очистки обеспечивает мембранный биореактор MBR, представляющий собой комбинацию традиционной биологической очистки и мембранного разделения, реализуемого на ультра- или микрофльтрационных мембранах. Размер пор таких мембран составляет от 0,01 до 0,1 мкм, что обеспечивает практически полное удаление всех взвешенных веществ и микроорганизмов. Нет необходимости в доочистке СВ перед сбросом в поверхностный водный объект. Однако использование MBR реакторов требует большого расхода электроэнергии.

На очистных сооружениях Пружанского молочного комбината применяется технология анаэробного сбраживания, что является новшеством для молокоперерабатывающих предприятий Беларуси.

Анаэробные технологии биологической очистки являются одними из наиболее перспективных при наличии высокой концентрации в СВ органических веществ. Их преимущество перед аэробными методами заключается в резком снижении эксплуатационных расходов (для анаэробных микроорганизмов не требуется дополнительная аэрация воды) и отсутствии проблем, связанных с утилизацией избыточной биомассы. Недостатком является необходимость доочистки СВ для сброса в реку.

Список использованных источников

1. Штриплинг, Л. О. Основы очистки сточных вод и переработки твердых отходов: учеб. пособие / Л. О. Штриплинг, Ф. П. Туренко. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2005. – 192 с.
2. Прикладная экобиотехнология : учебное пособие : в 2 т. Т. 1 / А. Е. Кузнецов [и др.]. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 629 с.

УДК 628.196

КИСЛОТНОЕ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ ЖЕЛЕЗА И АЛЮМИНИЯ ИЗ ОСАДКОВ КОАГУЛЯЦИИ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД

Осинин М. С.

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

В зарубежных публикациях достаточно широко представлены исследования по вторичному использованию данных осадков с получением различных целевых материалов, в том числе и регенерированных коагулянтов. Ранее нами достаточно полно были исследованы коагулянты, полученные из отходов отработанных ионообменных смол [1–5]. При коагуляции поверхностных вод с целью использования их для технических нужд образуются осадки, содержащие в своем составе железо и алюминий. Одной из основных стадий получения коагулянтов из рассматриваемых отходов является выщелачивание из них целевых металлов (железо, алюминий).

Целью данной работы является изучение закономерностей процессов сернокис-

лотного выщелачивания железа из осадков коагуляции.

Элементный состав образца железосодержащего осадка коагуляции был исследован с помощью рентгенофлуоресцентного анализа (XRF). Для выщелачивания железа из образца осадка использовались серная кислота с концентрациями 5, 10, 15, 20, 33% и соляная кислота с концентрациями 1,8, 3,5, 5, 7,5 и 12%. Каждая кислота бралась в двукратном избытке от стехиометрического. Время выщелачивания: 5, 10, 20, 30 и 60 мин.

Состав изучаемого осадка (в мас.%): кислород – 26,814, алюминий – 16,736, железо – 7,416, кремний – 4,535, марганец – 2,419, кальций – 2,574 и др.

Результаты кислотного выщелачивания соляной (таблица 1) и серной (таблица 2) кислотами представлены в таблицах ниже.

Таблица 1 – Эффективность кислотного выщелачивания соляной кислотой

Время, мин.	Концентрация кислоты, %				
	1,8	3,5	5	7,5	12
5	38,0	37,1	36,2	35,3	34,4
15	43,2	42,1	41,0	38,3	41,8
30	54,7	52,9	51,0	43,3	46,0
60	61,0	56,4	51,8	52,3	49,4

Таблица 2 – Эффективность кислотного выщелачивания серной кислотой

Время, мин.	Концентрация кислоты, %				
	5	10	15	20	30
5	34,9	51,8	58,3	37,5	35,5
15	44,7	70,6	67,5	58,7	55,9
30	56,2	72,0	74,0	61,9	60,3
60	58,5	81,0	76,8	75,1	61,0

Анализируя представленные в таблицах данные можно сделать заключение, что оптимальными условиями (из исследованных) для выщелачивания железа и алюминия соляной кислотой являются: концентрация кислоты около 2%, время – не менее 60 мин.; при использовании серной кислоты концентрация около 10%, время обработки – не менее 60 мин. При использовании серной кислоты для выщелачивания железа будет происходить образование нерастворимого сульфата кальция, который после высушивания представляет собой кристаллогидрат $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Это будет приводить к некоторому увеличению конечной массы осадка. Из-за низкого содержания кальция в осадке данная реакция практически не будет негативно сказываться на выщелачивании железа и алюминия.

Элементный состав сухого остатка полученного коагулянта и твердого остатка сернокислотного выщелачивания анализировали на электронном сканирующем микроскопе методом EDX. Образцы сухого остатка полученного коагулянта из отходов после выщелачивания серной кислотой содержат преимущественно (в мас.%): кислород – $47,27 \pm 1,06\%$, сера – $23,99 \pm 0,35\%$, железо – $4,80 \pm 0,42$, алюминий – $18,03 \pm 0,81$, а также примеси кальция, марганца и кремния менее 3% каждого. Соотношение алюминия к железу в нем составляет 3,76, что больше, чем в исходном отходе, – 2,26. Отсюда следует, что из осадков очистки промывных вод фильтров обезжелезивания преимущественно выщелачивается алюминий в сравнении с железом.

Полученные результаты исследований можно использовать при разработке технологий по вторичному использованию осадков коагуляции природных вод. Например, получения коагулянтов при выщелачивании серной кислотой. Образующийся остаток после сернокислотного выщелачивания содержит в своем составе преимущественно

оксид кремния и остаточное содержание железа и алюминия.

Список использованных источников

1. Романовский, В.И. Поверхностные свойства агрегатов, полученных из отходов отработанных ионообменных смол / В.И. Романовский, В.Л. Грузинова // Вестник БрГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2013. – №2. – С. 103–106.
2. Романовский, В.И. Водоудерживающие свойства агрегатов, полученных из отходов отработанных ионообменных смол / В.И. Романовский, В.Л. Грузинова // Вестник БрГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2013. – №2. – С. 101–103.
3. Романовский, В.И. Очистка промывных вод станций обезжелезивания / В.И. Романовский, Н.А. Андреева // Труды БГТУ. Химия и технология неорганич. в-в. – 2012. – № 3 (150). – С. 66–69.
4. Романовский, В.И. Термохимическая и механохимическая переработка отходов сетчатых полимеров: дис. ... канд. тех. наук: 25.00.36 – Геоэкология; 05.17.06 – Технология и переработка полимеров и композитов / В.И. Романовский; БГТУ. – Минск, 2008. – 178 с.
5. Романовский, В. И. Термохимическая и механохимическая переработка отработанных синтетических ионитов с получением ценных химических веществ и сорбционных материалов // Перспективы науки. – 2011. – №. 4. – С. 132–138.

УДК 628.32.54

ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ МЕМБРАН В ЭЛЕКТРОДИАЛИЗНЫХ УСТАНОВКАХ В ПРОЦЕССАХ ОБЕССОЛИВАНИЯ ВОДЫ

Левчук Н. В., Новосельцева А. Г.

УО «Брестский государственный технический университет», г. Брест

Переход предприятий на ресурсосберегающие и экологически чистые методы производства и переработки отходов в химической, биологической, топливно-энергетической промышленности и электронике, а также других отраслях народного хозяйства, формирует одно из направлений межотраслевого характера, связанного с использованием мембран и мембранных технологий.

Кроме того, с целью решения задач, касающихся вопросов охраны окружающей среды, совершенствования технологических процессов утилизации и обезвреживания отходов производства, в том числе и сточных вод, широкое применение находят мембранные методы разделения смесей жидкостей и газов, обессоливания, очистки и обезвреживания воды и водных растворов, концентрирования продуктов.

Природные и сточные воды, а также техническая вода химической, нефтехимической, газовой, микробиологической, пищевой, целлюлозно-бумажной, медицинской промышленности состоят из сложной смеси веществ, содержащих электролиты и неэлектропроводные жидкости как неорганического, так и органического происхождения.

Для концентрирования или очистки водных растворов широко используется мембранные процессы, осуществляемые под действием перепада давления, или баромембранные процессы. Различные баромембранные процессы можно классифицировать по размерам разделяемых частиц растворенного вещества и, следовательно, по структуре используемых мембран. К таким процессам относятся микрофильтрация, ультрафильтрация, нанофильтрация и обратный осмос.

Мембраны, используемые в различных мембранных процессах, можно классифицировать по разным признакам. Разделение мембран в соответствии с их структурой тесно связано с механизмом функционирования мембран и их применением [1].

По структуре различают следующие типы ионообменных мембран: гомогенные, состоящие из ионообменных полимеров; гетерогенные, содержащие смеси ионооб-

менного полимера и пленкообразующего полимера.

По знаку заряда различают: монополярные – анионитовые, имеющие положительный заряд; катионитовые, заряженные отрицательно; биполярные, состоящие из двух слоев – катионитового и анионитового.

Особые свойства мембранам без пор придаёт материал, из которого они изготовлены. Известны различные полярные и неполярные мембраны, которые обладают гидрофильными свойствами, или же гидрофобностью, органические мембраны и, в последнее время, также композиционные мембраны из неорганических и органических материалов, в которых сочетаются хорошие свойства обеих составляющих.

Пористые мембраны, в основном, используются в процессах ультрафильтрации, микрофильтрации. Мембраны без пор используются в процессе обратного осмоса, эвапорации, газоразделения, нанофильтрации и электродиализа.

Мембраны также делятся на электропроводящие и неэлектропроводящие. К электропроводящим принадлежат металлические и ионопроводящие мембраны. Электро-мембранные технологии успешно применяются для кондиционирования солоноватых вод с целью производства питьевой воды, переработки сельскохозяйственных стоков, управления кислотностью среды при производстве сыров и соков, удаления антропогенных примесей [1].

Гетерогенные мембраны являются полимерным композитом, закрепленным в инертной полимерной матрице. Если такой полимер поместить в водный раствор, он набухает, и в набухшем полимере противоионы свободно двигаются при воздействии электрического поля и диффузионного механизма. Такие гетерогенные ионообменные мембраны использовались в процессе исследования электродиализной установки на предприятии пищевой промышленности.

Важную роль в углублении понимания механизма электродиализа играют работы, касающиеся моделирования переноса ионов сильных электролитов в мембранных системах. Современные методы моделирования позволяют описывать закономерности электродиффузионного переноса и прогнозировать работу мембранных систем, с учетом свойств, используемых мембран, толщин диффузионного слоя и других. Однако наличие большого количества частиц многоосновных кислот или оснований вызывает затруднения при математической обработке результатов моделирования и требует разработки специальных методов конструирования и оптимизации эффективных систем для очистки и переработки многокомпонентных растворов [2].

Несмотря на многочисленные исследования мембранных систем в области электрохимической обработки природных и сточных вод, выбор мембран используемых, например, в электродиализных установках, является достаточно проблематичным, поскольку, наряду с большим количеством примесей, содержащихся в природной и сточной воде, необходимо учитывать процессы, происходящие при их гидролизе, а также факторы, влияющие на сам гидролиз. Кроме того, возникает необходимость учитывать и ряд технологических проблем, связанных с изменениями состава и концентраций веществ, содержащихся в сточной воде предприятия.

Так, например, одной из проблем очистки сточных вод предприятий пищевой промышленности является снижение концентрации фосфатов и хлоридов натрия. Фосфаты и другие примеси удаляются на ранних этапах очистки. Для удаления хлоридов исследовалась возможность применения электродиализной установки с применением гетерогенных мембран для получения концентрата хлорида натрия и использования его в производственном процессе, а также снижения концентрации ионов хлора в сточной воде до нормативных показателей.

Однако в процессе работы электродиализной установки было установлено, что при снижении pH электродиализ сопровождается увеличением образования Cl_2 . При

увеличении рН увеличивается концентрация хлорноватистой кислоты и в сильнощелочной среде ($\text{pH} > 10$), когда гидролиз гипохлорит-иона подавлен, разложение происходит следующим образом:



Процесс восстановления хлоридов зависит от значения рН и в представленной реакции протекает в щелочной среде. Таким образом, для получения рассола с высокой концентрацией хлорида натрия в процессе электродиализа наиболее благоприятной является щелочная среда. Однако с повышением рН при продолжительной работе электродиализной установки происходит деструкция мембран, изменяется толщина диффузного слоя, наблюдается снижение величины коэффициента выхода по току, увеличивается расход электроэнергии, физические параметры работы установки, возрастает и может превысить нормативное значение – 8,5 рН сточной воды.

Список использованных источников

1. Bonev, V.S. Применение мембран для обработки флуидов (потоков). Морфология полимерных мембран / V.S. Bonev, И.Г. Шайхиев, В.О. Дряхлов // Вестник казанского технологического университета. – Казань, 2013. – Том 16. - № 8. – С. 181-185.
2. Сеник, Ю.В. Теоретическое и экспериментальное исследование электромембранных процессов переработки природных вод : дис. канд. хим. наук : 02.00.05 / Сеник Юрий Владимирович. – Краснодар, 2005. – 122 с.

УДК 628.355

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ГОРОДСКИХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ – КАК ОСНОВА ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Левкевич В. Е., Лосицкий В. А.

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Проблема очистки сточных вод и подготовки воды для технических и хозяйственно-питьевых целей с каждым годом приобретает все большее значение.

В Беларуси комплексы очистных сооружений созданы и функционируют не только в крупных городах и областных центрах, но и в более мелких населенных пунктах, а также крупных предприятиях [1,2]. Большинство указанных объектов эксплуатируется длительный период времени, а с учетом того, что срок их эксплуатации в соответствии с классом капитальности сооружений не должен превышать пятидесятилетний рубеж, оценка состояния объектов потенциальной опасности требует наличия объективной информации о техническом состоянии упомянутых сооружений и инженерных систем. Такую информацию возможно получать лишь путем создания системы мониторинга состояния сооружений очистки. Рассмотренная проблема является особенно актуальной с учетом возникновения чрезвычайных ситуаций на очистных сооружениях (ОС) со значительными ущербами.

На территории Республики Беларусь в настоящее время действует более 10 тыс. различных комплексов очистных сооружений. В крупных городах, таких как Минск, Витебск, Гомель, Гродно эксплуатируются большие станции аэрации, на которых функционирует целый ряд очистных сооружений на каждом этапе очистки сточных вод (механическая, биологическая, обеззараживание). Все сооружения представляют собой достаточно сложные комплексы гидротехнических сооружений, выполненные

из стальных конструкций и железобетона, и включающие в себя различные инженерные системы. Однако большинство очистных сооружений в нашей стране находится в небольших городах и поселках. В наиболее мелких населенных пунктах среди всех прочих очистных сооружений явно преобладают сооружения биологической очистки. Практически во всех очистных сооружениях присутствуют поля орошения, фильтрации и биологические пруды (рисунок 1). Это объясняется простотой и дешевизной создания и эксплуатации этих сооружений при их высокой эффективности.



Рисунок 1 – Биологические пруды ОС в г. Лукомль

В Республике Беларусь в период с 2010 по 2017 годы произошло около 170 чрезвычайных ситуаций, из которых: 75 техногенного и 95 природного характера. Существующие и действующие нормативные документы (ТНПА) Республики Беларусь регламентируют аварии на очистных сооружениях, выделяя аварии на очистных сооружениях сточных вод промышленных предприятий с выбросом более 10 тонн [3].

Анализ причин возникновения аварий на ОС показал, что они могут быть самыми различными: отключение электричества, износ оборудования, катастрофические метеоусловия и стихийные бедствия (сильный мороз и наводнения), человеческий фактор (невнимание персонала, низкий уровень подготовки), отклонения от нормального режима работы очистных сооружений (когда объем поступающего загрязненного материала более проектного), очистные сооружения не рассчитаны на нейтрализацию и переработку отдельных веществ и компонентов и т. п.), ошибки в проектировании и строительстве.

Ниже на рисунке 2 представлена диаграмма, иллюстрирующая соотношение причин возникновения аварий, характерных для Республики Беларусь.

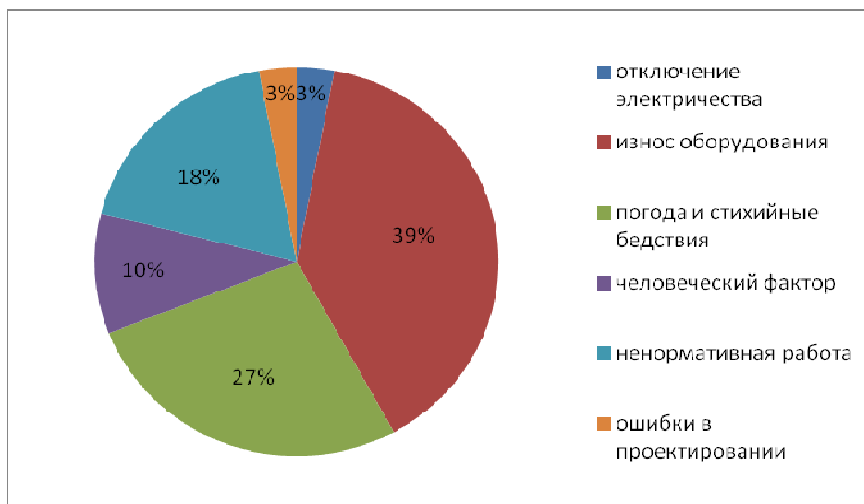


Рисунок 2 – Причины возникновения аварий на очистных сооружениях Беларуси

Аварии на очистных сооружениях носят локальный характер, а могут очень быстро перерасти в настоящую экологическую катастрофу с трансграничным оттенком, так как реки с транзитным стоком – Зап. Двина, Припять, Днепр, Неман, протекающие по территории Беларуси, способны переносить загрязненные сточные воды на очень большие расстояния, став причиной гибели живых организмов и нанося окружающей среде значительный ущерб. Именно поэтому в настоящее время активно ведётся разработка организационно-технических мероприятий, нацеленных на предотвращение аварий на очистных сооружениях любого типа [4].

Знание причин аварий, контроль эксплуатации сооружений и их элементов позволяет оценивать риск возникновения чрезвычайных ситуаций и аварий и заранее разрабатывать инженерные мероприятия по их предотвращению. Это возможно лишь на основе создания современной системы контроля состояния и мониторинга конструкций очистных сооружений. Проведенные в период 2016-2017 гг. натурные обследования более 50 очистных сооружений во всех регионах Беларуси показали, что в настоящий момент основными причинами плохого состояния являются: в первую очередь – крайне малое финансирование городским хозяйством страны содержания ОС, которое включает затраты на ремонт, модернизацию и реконструкцию основных сооружений, содержание службы эксплуатации; во-вторых, недостаток в численном составе кадров и в ряде случаев в низком уровне профессиональной подготовки. Все отмеченное в результате привело к тому, что ОС находятся в ряде случаев (в основном это касается районных центров и поселков) в крайне неудовлетворительном состоянии, на грани аварии.

Опасность нанесения экономического, экологического ущерба, а также опасность для жизни и здоровья людей, связанная с состоянием конструкций очистных сооружений, на сегодняшний день в Республике Беларусь диктует необходимость создания и внедрения на практике комплексной системы мониторинга. Разрабатываемая в настоящее время в БНТУ экспериментальная система мониторинга состояния ОС будет служить основой для принятия управленческих решений с целью предотвращения возникновения чрезвычайных ситуаций на очистных сооружениях, а также минимизации ущерба в случае аварий на них.

Список использованных источников

1. Левкевич, В.Е. Экологический риск – закономерности развития, прогноз и мониторинг / В.Е. Левкевич – Минск: ИООО «Право и экономика», 2004. – 152 с.
2. Информационный сайт [Электронный ресурс] // Очистка сточных вод в биологических прудах в условиях Йемена – Москва, 1999. – Режим доступа: <http://www.dissercat.com/> – Дата доступа: 19.11.2016.
3. Мониторинг и прогнозирование чрезвычайных ситуаций. Общие положения. Порядок функционирования системы мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций: ТКП 304-2011. Введен 08.04.2011. – Минск: Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, 2011.
4. Инструкция о классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера – Введены 01.06.03. – Минск: Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, 2003. – 92 с.

К ВОПРОСУ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ОБОЕВ

Децук В. С.

УО «Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель

Основная производственная деятельность предприятий по производству обоев – печатание обоев способом высокой и глубокой печати, текстурных материалов для мебельной промышленности. Основная масса воды, используемая предприятием, приходится на долю красильно-отделочных производств, в сточные воды которых поступает значительное количество органических и минеральных примесей различных классов красителей, ПАВ, шлихтующие и другие препараты.

Общий сток предприятий складывается из производственно-технологических и хозяйственно-бытовых сточных вод. Производственные сточные воды состоят из отработанных растворов различных химических препаратов и промывных вод.

По целому ряду показателей сточные воды этих производств не удовлетворяют требованиям приема сточных вод в городскую систему канализации. Сточные воды из-за наличия биохимически инертных и не полностью окисляемых органических веществ характеризуются повышенным химическим потреблением кислорода (ХПК), высокой цветностью, обусловленной содержащимися в них красителями, а также токсичностью вследствие наличия ПАВ и солей тяжелых металлов, в первую очередь хрома, поэтому при сбросе таких вод в городскую канализационную сеть требуется их предварительная очистка на локальных очистных сооружениях.

Целью работы является проектирование локальных очистных сооружений удаления взвешенных нефтепродуктов и солей хрома.

Широко применяемая в настоящее время технология переработки хромсодержащих гальваносточков предполагает восстановление шестивалентного хрома до трехвалентного и перевод его в осадок в виде плохо растворимого гидроксида хрома. Из электрохимических методов очистки сточных вод (особенно стоков гальванического производства) наибольшее распространение получил электрокоагуляционный метод, применяемый для очистки сточных вод от взвешенных частиц и коллоидно-дисперсных систем, ионов цветных металлов. Такой процесс можно использовать для очистки сточных вод при невысоком содержании коллоидных частиц и низкой устойчивости загрязнений.

При электролизе сточных вод с использованием растворимых стальных или алюминиевых анодов вода обогащается соответствующими ионами, которые затем образуют гидроксиды этих металлов. Под их действием происходит процесс коагуляции содержащихся в воде высокодисперсных веществ, аналогичный процессу обработки воды соответствующими солями алюминия и железа. Однако, в отличие от применения солевых коагулянтов, при электрокоагуляции вода не обогащается сульфат- и хлорид-ионами, содержание которых в очищенной воде лимитируется как при сбросе ее в водоемы, так и при повторном использовании в системах производства и водоснабжения.

Доочистка стока проводится в горизонтальных отстойниках, оборудованных тонкослойными модулями. Общая схема представлена на рисунке 1.

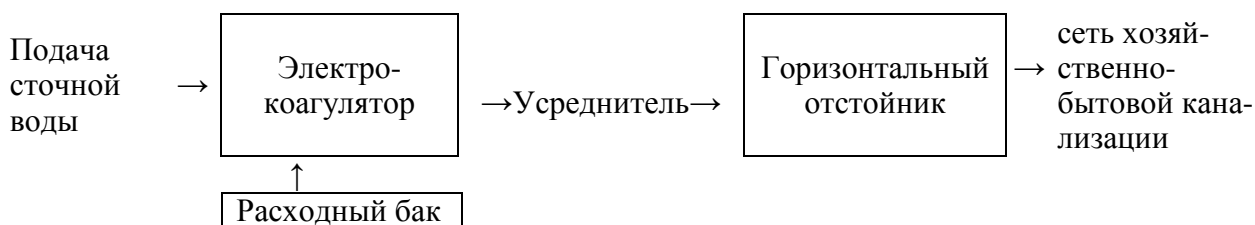


Рисунок 1 – Схема локальной очистки технологических стоков

К достоинствам метода электрокоагуляции можно отнести компактность установок, простоту управления, слабую чувствительность к изменениям условий проведения процесса очистки, получение шлама с хорошими структурно-механическими свойствами. В то же время недостатком является повышенный расход электроэнергии, листового железа и алюминия, однако с введением БелАЭС расходы на электроэнергию существенно снизятся.

В результате расчетов проектируемых сооружений все установки имеют небольшие габариты, что позволяет разместить их на существующих площадях без ущерба технологическим процессам.

Проектируемый прямоугольный усреднитель, состоящий из двух отделений глубиной 1 м, в плане имеет размеры $1,1 \times 1,1$ м. По ширине каждое отделение делится на два коридора шириной 0,5 м. Для устранения стратификации в коридорах устанавливается по одному барботеру, так как $b/H=0,45/1=0,45 < 2$. Расход воздуха составляет $7,26 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Для обработки воды в качестве коагулянта следует применять оксихлорид алюминия (ОХА). Этот коагулянт имеет ряд преимуществ по сравнению с другими: расширенный диапазон величины рН, снижение расхода электроэнергии за счет исключения перемешивания и растворения коагулянта, исключение из схемы растворных баков, отсутствие необходимости в реконструкции реагентного хозяйства. снижение количества образующегося осадка, снижение рабочей дозы коагулянта.

Доза коагулянта ОХА для исследуемых условий не велика и составляет 75 мг/дм^3 , а суточный расход реагента – $0,0046 \text{ т/сут}$. Необходимый расходный бак имеет диаметр 1,5 м, высоту 1,5 м.

Для интенсификации процессов растворения коагулянта и перемешивания раствора предусматривается мешалка.

Необходимые размеры электрокоагуляционной установки $0,41 \times 0,8 \times 1,0$ м. Общее число электродных пластин – 13.

Расчетная суммарная ширина всех отделений отстойника 1,5 м. Строительная длина секции отстойника 4,8 м. На исследуемом предприятии существует горизонтальный отстойник, выведенный из эксплуатации, т. к. он имеет размеры, близкие расчетным, то после его ремонта возможен монтаж тонкослойных блоков. Отстаивание воды происходит в каждой секции тонкослойного модуля, а наклонные пластины служат для удаления собранного осадка. Высота тонкослойного блока 0,35 м, общая длина – 2 м.

Эффект очистки по ионам хрома и нефтепродуктам 90-95 %, по взвешенным веществам – 85-90 %.

Таким образом, локальная очистка гальванических стоков позволит не только сбрасывать сточные воды в канализацию без превышения ПДК и тем самым снижать нагрузку на городские очистные сооружения, но и позволит их частично использовать в качестве промывных вод в некоторых технологических операциях. Компактность сооружений позволяет размещать их на месте выведенного из работы оборудования.

МОДИФИЦИРОВАННЫЕ УГЛИ ДЛЯ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Клебеко П. А.

РУП «Центр международных экологических проектов, сертификации и аудита
«Экологияинвест», г. Минск

В процессах подготовки подземных вод для питьевого водоснабжения образуются железосодержащие осадки очистки фильтров обезжелезивания. Данные осадки в Республике Беларусь не используются. Вторичное же использование отходов позволяет в первую очередь снизить антропогенное воздействие на окружающую среду, а также сократить потребление кондиционных сырьевых ресурсов, тем самым снизить себестоимость продукции.

Один из простых направлений использования данных отходов – это добавка в состав шихты для получения керамических материалов строительного назначения [1]. Однако железо является наиболее частым компонентом каталитических материалов различного назначения. Учитывая возможный потенциал рассматриваемых отходов, нами было предложено использовать их как для получения фотокаталитических материалов [2–4], так и модификации фильтрующей загрузки для обезжелезивания подземных вод [2,5, 6].

В составе осадков станций обезжелезивания содержание железа составляет до 60 мас.%. Оптимальные условия выщелачивания, полученные по экспериментальным данным и результатам моделирования: время – 30 мин. концентрация азотной кислоты – 20–25%. Для выщелачивания использовалась азотная кислота, так как для выбранного метода синтеза (экзотермическое горение в растворах) обычно используются азотнокислые прекурсоры металлов (окислитель). В качестве восстановителя использовались стехиометрические соотношения мочевины или лимонной кислоты. Инициацию экзотермической реакции синтеза осуществляли при температуре 600 °С.

В качестве исходного материала использовали фракцию антрацита 3–5 мм.

Оценку эффективности полученных материалов проводили на станции обезжелезивания подземных вод, где загрузка действующих фильтров включает: 0,5 м – верхний каталитический слой антрацита и 1 м – нижний фильтрующий слой кварцевого песка. Данная загрузка использовалась для сравнения с модифицированной на экспериментальном стенде, с установленными на нем четырьмя колонками для фильтрования. Начальная скорость фильтрования 12 м/ч.

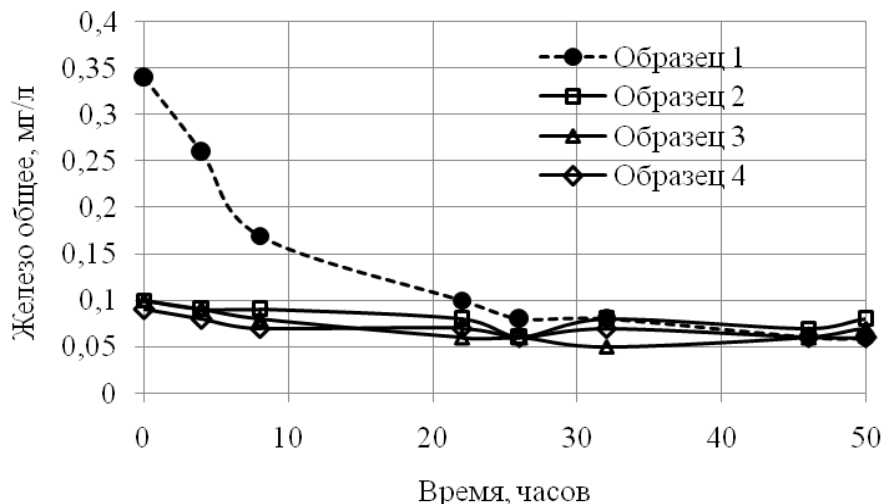


Рисунок 1 – Содержание железа общего в фильтрате

Результаты измерения содержания железа общего в фильтрате представлены на рисунке. Сравнение осуществлялось для трех образцов: образец 1 – использовался исходный антрацит, образец 2 – модифицированный антрацит, с использованием товарного нитрата железа и лимонной кислоты в качестве восстановителя, образец 3 – модифицированный антрацит с использованием прекурсора нитрата железа, полученного из отходов и лимонной кислоты в качестве восстановителя, образец 4 – модифицированный антрацит с использованием прекурсора нитрата железа, полученного из отходов и мочевины в качестве восстановителя.

Полученные данные свидетельствуют о практически одинаковой эффективности модифицированных материалов, приготовленных как из кондиционных веществ, так и из отходов. В обоих случаях уже в первых порциях фильтрата наблюдалась концентрация железа общего в три раза ниже установленного норматива (0,3 мг/л). Использование мочевины в качестве восстановителя незначительно увеличивает эффективность окисления железа в первой порции фильтрата в сравнении с использованием лимонной кислоты.

Список использованных источников

1. Романовский, В.И. Получение керамических материалов строительного назначения с использованием отходов станций обезжелезивания / В.И. Романовский, Е.В. Крышилович, П.А. Клебеко // Вода magazine. – 2018. – №2(126). – С. 8–11.
2. Романовский, В.И. Получение каталитических материалов для водоподготовки и очистки сточных вод из отходов станций обезжелезивания / В.И. Романовский, Д.М. Куличик, П.А. Клебеко, Е.В. Крышилович // Вода magazine. – 2017. – №6(118). – С. 12–15.
3. Романовский, В.И. Железосодержащие фотокатализаторы из осадков очистки промывных вод фильтров обезжелезивания / В.И. Романовский, Д.М. Куличик, М.В. Пилипенко, Е.В. Романовская // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение, 2019. – № 4. – С. 24–28.
4. Романовский В.И. Железо-цинк-содержащие фотокатализаторы из осадков очистки промывных вод фильтров обезжелезивания / В.И. Романовский, Д.М. Куличик, М.В. Пилипенко // Водоочистка. – 2019. – №4(178). – С. 71–77.
5. Романовский, В.И. Модифицированные антрациты для очистки подземных вод от железа / В.И. Романовский, А.А. Хорт // Химия и технология воды, 2017, Т.39. – № 5. – С. 532–543.
6. Romanovskii, V. I. Modified Anthracites for Deironing of Underground Water / V. I. Romanovskii, A. A. Khort // Journal of Water Chemistry and Technology, 2017, – Vol. 39. – Issue 5. – pp. 299–304.

УДК 628.544; 661.882

ФОТОКАТАЛИЗАТОРЫ ИЗ ОТХОДОВ СТАНЦИЙ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ

Пилипенко М. В.

РУП «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов», г. Минск

Вовлечение в хозяйственный оборот отходов производства является одной из актуальных задач современности. Перспективными для использования могут рассматриваться отходы водоподготовки, в частности для получения из них различных сорбентов и коагулянтов: отработанные ионообменные смолы [1–7], осадки станций обезжелезивания [8–11], осадки коагуляции, так как они характеризуются постоянством элементного состава, обычно не содержат высокотоксичных веществ. Одними из таких перспективных для использования отходов являются железосодержащие отходы станций обезжелезивания, образующиеся при очистке промывных вод филь-

тров. Содержание железа в данных отходах может составлять до 60%. При этом в качестве примесных ионов в значительно меньших количествах могут содержаться кремний и алюминий.

Ранее нами была опробована технология получения фотокаталитических материалов из отходов станций обезжелезивания. Синтез данных материалов и исследование их свойств является одним из актуальных направлений на сегодняшний день. Они используются в усовершенствованных процессах окисления (advanced oxidation processes – AOPs). Данные процессы перспективны для деструкции, например таких загрязняющих веществ в составе сточных вод, как различные фармацевтические препараты и их метаболиты.

Для получения наноразмерных оксидов железа перспективным в последние годы считается метод экзотермического горения в растворах [8–10, 12–14]. Преимуществами данного метода является малое время подготовительных процедур и синтеза, низкие энергозатраты, легкая масштабируемость.

Наноразмерные фотокатализаторы готовились из стехиометрической смеси прекурсоров железа (окислитель), полученных растворением осадков в азотной кислоте и восстановителя, в качестве которого использовался глицин, мочевины, лимонная кислота или гексаметилентетрамин. Для усиления фотокаталитических свойств получаемых материалов в них дополнительно вводили прекурсоры цинка, молибдена, лантана (выделенного из отходов отработанного катализатора каталитического крекинга). При введении дополнительных металлов (цинк, молибден, лантан) расход реагентов брали из расчета получения 1:1 оксидов железа и оксида соответствующего металла. Более подробная методика синтеза исследуемых материалов представлена в публикациях [12–14].

Морфологию поверхности образцов осуществляли на просвечивающем электронном микроскопе (ПЭМ) JEM-2100F. Обработка изображений (распределение частиц по размеру, определение расстояния между атомными слоями) была выполнена в программе ImageJ.

Фазовый состав продуктов синтеза определяли на рентгеновском дифрактометре D8 ADVANCE фирмы «Bruker». Для идентификации кристаллических фаз использовались международная картотека Joint Committee on Powder Diffraction Standards 2003 и программное обеспечение DIFFRACPLUS фирмы «Bruker». Обработка профиля дифрактограмм осуществлялась с применением программного пакета HighScorePlus. Расчет среднего размера кристаллитов синтезированных материалов проводился по формуле Шеррера.

Фотокаталитические свойства полученных образцов исследовали по эффективности деструкции 10 мг/л раствора красителя (для анализа были выбраны четыре красителя различной природы). Исследуемый диапазон доз катализатора 0–500 мг/л, время обработки 5–90 минут. Источником ультрафиолетового излучения служила ртутно-кварцевая лампа DRT-400, излучающая в диапазоне 240–320 нм и мощностью лучистой энергии 36 Вт.

Анализируя полученные данные по составу и свойствам полученных материалов, можно сделать следующие выводы:

- эффективность наноразмерных оксидов железа в фотохимической реакции деструкции красителей, полученных из железосодержащих осадков промывки фильтров обезжелезивания, сравнима с эффективностью оксидов, полученных из чистого нитрата железа;

- полученные материалы характеризуются низкой дисперсностью (2,5–110 нм), наименьшие размеры характерны для образцов с добавкой лантана, наибольшее распределение частиц по размерам у материалов с добавкой молибдена;

- все полученные материалы характеризуются высокой удельной поверхностью

(около 100 м²/г);

– при добавке цинка наибольшую эффективность очистки дают образцы, полученные с использованием карбамида в качестве восстановителя;

– наличие в образце феррита цинка значительно увеличивает фотокаталитическую активность катализатора в сравнении с использованием только железосодержащего образца;

– при добавке молибдена наибольшую эффективность очистки дают образцы, полученные с использованием глицина в качестве восстановителя;

– при деструкции красителя метиленового синего все образцы с добавкой молибдена показали увеличение эффективности от 5,4 до 7,1 раз;

– помимо соединений лантана, в синтезированных образцах значительную долю занимают FeAlO₃, поскольку в качестве источника лантана использовались отработанные катализаторы каталитического крекинга, основную матрицу которых составляют цеолиты;

– при добавке лантана все полученные образцы показали высокую эффективность деструкции выбранных красителей;

– наибольшая эффективность деструкции красителей при использовании фотокатализатора с добавкой лантана достигается с использованием образца, синтезированного с использованием гексаметилентетраамина (эффективность деструкции достигает 99,7% при дозе катализатора 500 мг/л и времени обработки 45 мин).

Список использованных источников

1. Романовский, В.И. Термохимическая и механохимическая переработка отходов сетчатых полимеров: дис. ... канд. тех. наук: 25.00.36 – Геоэкология; 05.17.06 – Технология и переработка полимеров и композитов / В.И. Романовский; БГТУ. – Минск, 2008. – 178 с.

2. Романовский, В.И. Термохимическая и механохимическая переработка отработанных синтетических ионитов с получением ценных химических веществ и сорбционных материалов / В.И. Романовский // Перспективы науки – 2011. – № 4(19). – С. 132–138.

3. Романовский, В.И. Очистка промывных вод станций обезжелезивания / В.И. Романовский, Н.А. Андреева // Труды БГТУ. Химия и технология неорганических веществ. – 2012. – № 3 (150). – С. 66–69.

4. Романовский, В.И. Водоудерживающие свойства агрегатов, полученных из отходов отработанных ионообменных смол / В.И. Романовский, В.Л. Грузинова // Вестник БрГТУ. – 2013. – №2: Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – С. 101–103.

5. Романовский, В.И. Поверхностные свойства агрегатов, полученных из отходов отработанных ионообменных смол / В.И. Романовский, В.Л. Грузинова // Вестник БрГТУ. – 2013. – №2: Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – С. 103–106.

6. Романовский, В.И. Отходы синтетических материалов для очистки нефтесодержащих сточных вод / В.И. Романовский, В.Л. Грузинова // Водочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – 2018. – №1. – С. 24–29.

7. Романовский, В.И. Очистка промывных вод станций обезжелезивания с использованием отходов водоподготовки / В.И. Романовский, П.А. Клебеко, Е.В. Романовская // Вестник БрГТУ. – 2018. – №2(104): Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – С. 90–92.

8. Романовский, В.И. Получение каталитических материалов для водоподготовки и очистки сточных вод из отходов станций обезжелезивания / В.И. Романовский, Д.М. Куличик, П.А. Клебеко, Е.В. Крышилович // Вода magazine. – 2017. – №6(118). – С. 12–15.

9. Романовский, В.И. Модифицированные антрациты для очистки подземных вод от железа / В.И. Романовский, А.А. Хорт // Химия и технология воды. – 2017. – Т.39. – № 5. – С. 532–543.

10. Romanovskii, V. I. Modified Anthracites for Deironing of Underground Water / V. I. Romanovskii, A. A. Khort // Journal of Water Chemistry and Technology. – 2017. – Vol. 39. – Issue 5. – P. 299–304.

11. Романовский, В.И. Получение керамических материалов строительного назначения с использованием отходов станций обезжелезивания / В.И. Романовский, Е.В. Крышилович,

П.А. Клебеко // Вода magazine. – 2018. – №2(126). – С. 8–11.

12. Романовский, В.И. Железосодержащие фотокатализаторы из осадков очистки промывных вод фильтров обезжелезивания / В.И. Романовский, Д.М. Куличик, М.В. Пилипенко, Е.В. Романовская // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – 2019. – № 4. – С. 24–28.

13. Романовский, В.И. Железо-цинк-содержащие фотокатализаторы из осадков очистки промывных вод фильтров обезжелезивания / В.И. Романовский, Д.М. Куличик, М.В. Пилипенко // Водоочистка. – 2019. – №4(178). – С. 71–77.

14. Романовский, В.И. Железо-молибден-содержащие фотокатализаторы из осадков очистки промывных вод фильтров обезжелезивания / В.И. Романовский, Д.М. Куличик, М.В. Пилипенко // Водоочистка. – 2019. – №6(180). – С. 73–78.

УДК 628.353

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД МОЛОКОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА БЕЗНАПОРНЫХ ГИДРОЦИКЛОНАХ

Акулич Т. И.

УО «Брестский государственный технический университет», г. Брест

В настоящее время стремительное развитие технического прогресса во всех сферах человеческой деятельности и значительное увеличение роста объемов производств привело к глобальному воздействию человека на окружающую среду. Одним из факторов, негативно влияющих на экологическую обстановку, являются отходы промышленных предприятий, основную часть которых составляют производственные сточные воды. Одним из основных направлений в области охраны окружающей среды является разработка и внедрение высокоэффективных технологий очистки производственных сточных вод.

В нашей республике имеется большое количество молокоперерабатывающих предприятий, на которых в процессе производства образуется значительное количество высококонцентрированных сточных вод. На современном этапе при значительном ужесточении экологических и санитарных требований к качеству сбрасываемых сточных вод и к обезвреживанию и утилизации осадков, на ряде предприятий остро стоят вопросы очистки сточных вод и обработки образующихся осадков.

Концентрация загрязнений сточных вод предприятий по переработке молока колеблется в широких пределах и зависит от профиля выпускаемой продукции [1]. Концентрация взвешенных веществ сточных вод 350-1000 мг/л, концентрация жиров и жироподобных веществ 100-400 мг/л, концентрация органических загрязнений по БПК₅ - 300-4800 мг/л, по ХПК - 680-8500 мг/л, азот общий - 20-200 мг/л, фосфор - 5-25 мг/л, рН - 3,6-10,4.

Ввиду значительных концентраций нерастворенных примесей, а также для обеспечения допустимых показателей сточных вод перед биохимической очисткой, на первом этапе очистки необходимо предусмотреть сооружения механической очистки.

Анализ методов и опыт эксплуатации существующих сооружений и аппаратов, применяемых для механической очистки сточных вод молокоперерабатывающих предприятий, показал их малоэффективную и неудовлетворительную работу [1, 2].

Альтернативным вариантом при решении вопроса механической очистки сточных вод является использование сооружений и оборудования, действие которых основано на использовании центробежных сил, а именно, открытых гидроциклонов. Достоинства данных аппаратов – небольшие скорости входа, небольшое гидравлическое со-

противление и большая производительность. Использование этих аппаратов позволяет сократить в 3 – 5 раз капитальные затраты и на 20 – 40% эксплуатационные расходы, уменьшить в несколько раз необходимые площади, а также увеличить эффект очистки от механических примесей до 70% по сравнению с применением традиционных сооружений механической очистки.

Кафедрой водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов Брестского государственного технического университета была разработана технологическая схема предварительного осветления сточных вод молочных комбинатов, включающая следующий состав сооружений: насосная станция, безнапорный гидроциклон, резервуар-усреднитель. Основным сооружением в этой схеме является открытый гидроциклон, оборудованный периферийным водосливом, полупогружным кольцевым щитом, конической диафрагмой, трубопроводом для удаления всплывающих веществ, трубопроводом для удаления осадка. Данная технологическая схема была внедрена на локальных очистных сооружениях ОАО «Пружанский молочный комбинат». Исследования эффективности работы гидроциклона, проводимые на реальном стоке, показали целесообразность и эффективность использования данных аппаратов для очистки сточных вод молокоперерабатывающих предприятий [3].

Основным параметром, используемым при расчете и подборе открытых гидроциклонов, является гидравлическая крупность частиц. Имеющиеся в настоящее время параметры для расчета гидроциклонов носят эмпирический характер и применимы для тех условий, в которых они получены. Данные расчетные зависимости не учитывают всего многообразия факторов, влияющих на процесс очистки сточных вод молокоперерабатывающих производств. Поэтому является целесообразным и актуальным проведение исследований по определению концентрацией примесей сточной воды, их гранулометрического состава и плотности, а также гидравлической крупности задерживаемых частиц.

Исследование процесса разделения частиц с различной гидравлической крупностью в гидроциклоне проводилось на реальном стоке, образующемся в процессе производства на ОАО «Пружанский молочный комбинат» и подвергающегося механической очистке в безнапорном гидроциклоне диаметром 2000 мм. В процессе исследования были построены кривые осаждения взвешенных веществ в сточной воде до гидроциклона и в сточной воде, прошедшей очистку в гидроциклоне. По полученным кривым был определен фракционный состав взвеси по интервалам гидравлической крупности частиц. Данные фракционного состава взвеси в исходной воде и в воде, прошедшей очистку, представлены в таблице 1. Также в данной таблице представлены расчетные данные эффекта задержания частиц в гидроциклоне.

Таблица 1 – Эффективность процесса разделения частиц с различной гидравлической крупностью в гидроциклоне

Гидравлическая крупность частиц, мм/с	>0,81	>0,27	>0,13	>0,07	>0,045	>0,033
Содержание в исходной сточной воде, %	20,6	38,3	46,8	53,0	60,6	65,0
Содержание в воде, прошедшей очистку, %	0	2,0	16,3	33,0	36,0	39,8
Эффект задержания частиц в гидроциклоне, %	100	94,8	65,2	37,7	40,6	38,8

На основании полученных данных построен график зависимости эффекта задержания частиц с различной гидравлической крупностью от гидравлической крупности частиц. График представлен на рисунке 1.

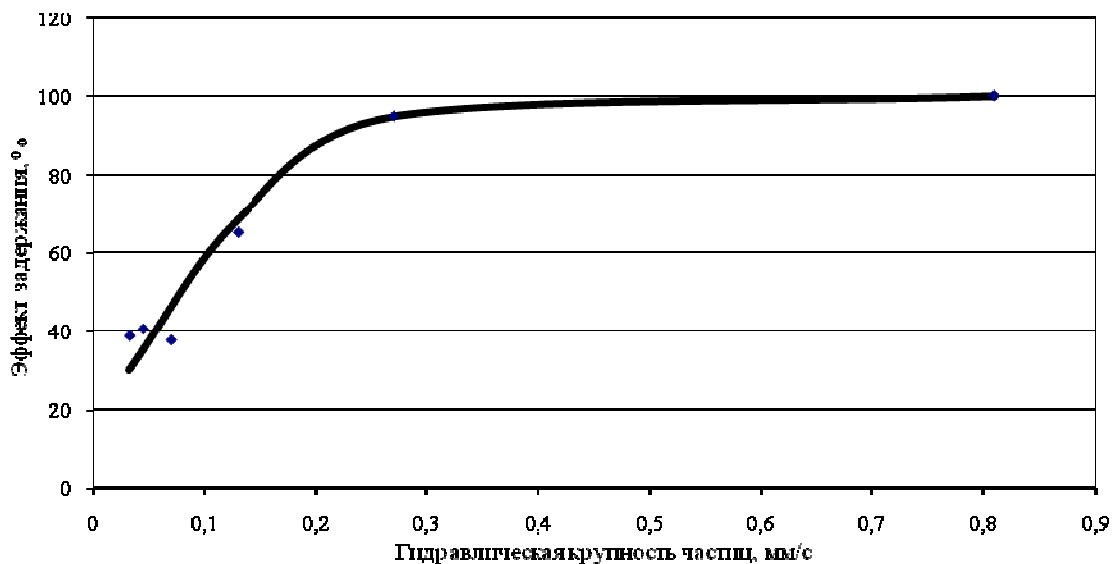


Рисунок 1 – График зависимости эффекта задержания частиц от их гидравлической крупности

Анализируя расчетные и графические данные, можно сделать вывод, что при механической очистке сточных вод молокоперерабатывающих предприятий на открытых гидроциклонах эффект задержания частиц с гидравлической крупностью более 0,3 мм/с составляет 95-100%, частиц с гидравлической крупностью 0,033 – 0,1 мм/с – 40-50%, частицы с меньшей гидравлической крупностью не задерживаются гидроциклоном.

Список использованных источников

1. Канализация населенных мест и промышленных предприятий / Н. И. Лихачев [и др.] ; под ред. В. Н. Самохина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1981. – 639 с. – (Справочник проектировщика).
2. Очистка сточных вод предприятий мясной и молочной промышленности / С. М. Шифрин [и др.]. - М. : Легкая и пищевая пром-сть, 1981. - 272 с.
3. Яромский, В. Н. Выбор методов и сооружений механической очистки сточных вод предприятий молочной промышленности / В. Н. Яромский, Т. И. Головач // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2001. – № 2 : Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – С. 66–69.

УДК 504.42

ОПЫТ УДАЛЕНИЯ МИКРОПЛАСТИКА ИЗ ВОДНОЙ СРЕДЫ В ЕВРОПЕ И МИРЕ

Толкач Г. В.

УО «Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина», г. Брест

Микропластик – это твердые частицы синтетических полимеров размером от нескольких нм до 5 мм. Исследования многих ученых вызывают обеспокоенность быстрыми темпами накопления микропластика в водной среде. На сегодняшний день имеются лишь фрагментарные данные о влиянии микропластика на здоровье человека, тем не менее имеются данные о негативных влияниях микропластика на водных животных и птиц [1-6]. Микропластик попадает в пищевые цепочки, когда его поедают животные (от зоопланктона до рыб и птиц), и может накапливаться в тканях жи-

вых организмов [5-7]. В пластике часто есть токсичные примеси, например, красители и огнестойкие добавки, которые попадают в пищеварительную систему животных и могут вызывать повреждения органов, воспаление кишечника и влиять на репродукцию. К тому же микрочастицы легко впитывают другие токсичные вещества, например, пестициды и диоксины, а потом так же легко выделяют их в организм, в который они попали [7].

Источники поступления микропластика. Пластиковые бутылки, пластиковые фрагменты, гранулы, нити, пластиковые пленки, пенопласт, гранулы и полиэтиленовые пакеты, под действием солнца и влаги дефрагментируются, измельчаются до мелких гранул. Автомобильные шины при использовании выделяют в окружающую среду пластиковую пыль. Микропластик также «отшелушивается» от синтетической одежды при ее стирке в стиральной машине. Производители добавляют частички синтетических полимеров в косметику: зубные пасты, помаду, скрабы. Многие средства, содержащие микропластик, смываются водой, которые попадают в сточные воды, а оттуда в водоемы. Частицы микропластика попадают в водную среду из-за отслоения краски (от лодок, кораблей, пирсов), рыболовных сетей, которые постепенно разлагаются в воде. Пыль, которая накапливается внутри зданий, и технологические потери при производстве пластика и пластиковых изделий также являются источниками загрязнения.

Форма и цвет микропластика. Микропластик различается по форме: от неправильных форм до сферических волокон. Пластиковые шарики могут иметь форму таблеток, продолговатых, цилиндрических, сферических и дисковых форм. Разрушение и эрозия поверхности частиц вызваны биологическим разрушением, химическим выветриванием или физическими силами (волновое воздействие, ветер, пескоструйная обработка). Цвета микропластика характеризуется широким спектром – от прозрачного белого, желтого, кремового до непрозрачного красного, оранжевого, синего, черного и других.

Последние исследования [7-8] показали, что миллиарды людей во всем мире пьют водопроводную воду, загрязненную микропластиками. Ниже приведены данные по обнаружению частиц микропластика в питьевой воде разных стран и среднее количество волокон в 500 мл. питьевой воды:

- США - 94,4% образцов; 4,8 волокна в 500 мл
- Эквадор - 79,2% образцов; 2,2 волокна / 500 мл
- Европа - 72,2%; 1,9.
- Ливан - 93,8%; 4.5
- Уганда - 80,8; 2,2
- Индия - 82,4 - 4,0
- Индонезия - 76,2%; 1,9

Высокое содержание частиц микропластика в питьевой воде в США связывают с использованием сушильных машин для белья, которые нагретым воздухом обдувают вещи и выдуваемые частицы микропластика поступают в атмосферу и ветром разносятся в близлежащие водоемы.

Основные применяемые методы удаления микропластика в мире: микрофльтрация, флотация, коагуляция и экстракция.

Микрофльтрация –это эффективный способ удаления микроволокон из воды с помощью современных мембран. Центральная часть фильтра состоит из электрически заряженных волокон и мембранной пластины. С помощью микрофльтрации не всегда можно очищать большие объемы воды, кроме того, данное оборудование достаточно дорогостояще.

В Ирландии молодой ученый Феррейра предложил оригинальный способ извле-

чения частиц микропластика из водной среды [9]: в раствор, содержащий частицы микропластика, добавлялся феррофлюид, затем Феррейра использовал неодимовый магнит, чтобы экстрагировать раствор и оставить только воду. Данный способ удаления микропластика доказан экспериментально, тем не менее достаточно сложно очищать от микропластика большие объемы воды данным способом, промышленное его использование требует доработки.

Микропластиковая и нанопузырьковая флотация также является одним из способов сбора микропластика. Частицы микропластика связываются с генерируемыми микро-, нано- и пико-пузырьками. Для флотации очень мелких частиц используется коагулянт, который изменяет дзета-потенциал частицы, для захвата пузырьков с частицей микропластика и поднятием ее на поверхность в камере флотации, затем под давлением частицы удаляются с поверхности воды. Недостатком данного метода является его высокая стоимость [1].

Из-за сложности удаления микропластика из воды необходимо предупреждать попадание частиц микропластика в окружающую среду, для этого: отдавайте предпочтение одежде из натуральных тканей: лен, шелк, органический хлопок, шерсть и др., сортируйте мусор, отдавайте пластиковые отходы на переработку; не используйте бытовую химию и косметику с частицами микропластика (PolyethylenPE, PolypropylenPP, PolyethylenterephthalatPET, Polyester (Polyester-1; Polyester-11) PES, Polyamid (Nylon-12; Nylon-6; Nylon-66) PA, Polyurethan (Polyurethan-2; Polyurethan-14; Polyurethan-35) PUR, Polyimid (Polyimid-1) PI, Ethylen-Vinylacetat-Copolymere EVA, Acrylates CopolymerAC, Acrylates Crosspolymer ACS, PolyquaterniumP, Polyquaternium-7 P-7, Polystyrene PS и др.)

Во многих странах уже действуют запреты по использованию микропластика при производстве косметических средств и средств бытовой химии, использования одноразовых изделий из пластика (США, Нидерланды и Швеция). С 2020 года планируется введение ограничения на продажу одноразовой пластиковой посуды, пластиковых трубочек и некоторых средств личной гигиены, содержащих частицы микропластика в Республике Беларусь.

Список использованных источников

1. Thompson, R. C. *Plastics, the environment and human health: current consensus and future trends*. Philosophical Transactions of the Royal Society 2153-2166. Thompson, R. C., Olsen, Y., Mitchell, R. P., Davis, A., Rowland, S. J. . Science, 304 (5672). – 2004. – P. 838-838.
2. Hokanson, R. *Several studies have discovered the health detriments as endocrine disruptors including causing birth defects, infertility, and cancer: Hokanson, R., Donnelly, K. C., McDonald, T., Chowdhary, R., & Busbee, D. L. of fetal developmental abnormalities. Human & Experimental Toxicology, 25(12). – 2006). – P. 687-695/*
3. Томпсон, Р. С. Микропластики в морской среде: источники, последствия и решения // Научный мир. – 2004. – С. 271.
4. Райт С. Л., Роу, Д. Томпсон. Микропластики его влияние на морских червей // Современная биология. – 2014. – С. 2251-2262.
5. Дуйс, К. Микропластик в водной и наземной среде: источники (с особым акцентом на средства личной гигиены), судьба и последствия // Научная Европа. 2016.
6. Граца, Б. Источники и судьба микропластиков в морских и пляжных отложениях юга Балтийского моря – предварительное исследование // Граца Б. / EnvironSciPollutRes, 2017.
7. Национальный университет Виктории (Канада) [Электронный ресурс] / – Режим доступа : <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.9b01517>. – Дата доступа : 25.08.2019.
8. Национальный портал штата Нью-Йорк (США) [Электронный ресурс] / – Режим доступа : https://orbmedia.org/stories/Invisibles_plastics/ – Дата доступа: 25.08.2019.
9. Экопортал [Электронный ресурс] / - <https://ekovolga.com/tehnolog/8093-podrostok-iz-irlandii-poluchit-45-tysyach-evro-ot-google-science-award-za-tehnologiyu-ochistki-okeana-ot-plastika.html> - Дата доступа: 29.08.2019.

ПОТЕРИ ВОДЫ В СИСТЕМАХ КОММУНАЛЬНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ И СПОСОБЫ ИХ СНИЖЕНИЯ

Столярчук А. А.

УО «Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель

Проблема рационального использования воды и устранения ее потерь представляет в настоящее время одну из актуальнейших задач жилищно-коммунальной реформы. Утечки воды в системах водоснабжения огромны, сети изношены, арматура 30-х годов и зачастую не действует, также наблюдаются сверхнормативные напоры, нет управления потоками воды, практически отсутствует учет воды. Установленные счетчики устаревших конструкций не обеспечивают объективных данных учета расхода.

Потери и нерациональное расходование воды приводят к ухудшению экономических показателей работы предприятий, увеличению себестоимости продукции, росту накладных расходов.

В Республике Беларусь, согласно данным Национального статистического комитета Республики Беларусь, потери и неучтенные расходы воды на предприятиях ВКХ в 2018 году составили 143,4 млн м³ [1].

Сокращение потерь и неучтенных расходов воды является одной из задач любого предприятия водоснабжения, поскольку это ведёт к повышению экономической и экологической эффективности компании, а также к улучшению качества услуг для потребителей [2, 3].

Первым этапом в работе по сокращению потерь воды является системный анализ и оценка основных показателей:

- эффективность эксплуатационных расходов – при меньшей нагрузке управление инженерными сетями требует меньше ремонтов;
- эффективность капитальных вложений – повышение качества водоснабжения продлит срок службы всех компонентов системы водоснабжения;
- точность измерения и начислений – сокращение потерь воды приводит к снижению темпов роста тарифов для конечных потребителей, при этом доходная часть не должна измениться при правильном подходе к вопросу учета потребления;
- соблюдение и улучшение нормативных показателей надежности и безопасности водоснабжения – содержащийся в хорошем состоянии водопровод с небольшим количеством порывов и утечек гарантирует стабильное водоснабжение;
- снижение количества повреждений сторонних инфраструктурных сооружений и объектов – из-за утечек образуются подземные пустоты, что может привести к разломам дорог и обрушению зданий.

Организация рационального использования воды, сокращение ее потерь требуют направленного управления процессами водопотребления. Оно может быть обеспечено только при условии разработки и широкого внедрения комплекса взаимосвязанных организационно-технических мероприятий по оптимизации систем водоснабжения, совершенствованию методов планирования и экономического стимулирования, как у водоснабжающих предприятий, так и у потребителей, дальнейшего улучшения нормирования, повышения эффективности учета и контроля расходования воды.

К числу организационно-технических мероприятий по воздействию на основные элементы системы водоснабжения с целью доставки питьевой воды потребителю с минимальными потерями относятся:

- активный поиск и контроль за утечками;
- скорость и качество ремонта;
- интенсификация аварийно-восстановительных и планово-профилактических работ;

- управление инфраструктурой – модернизация и реконструкция сети.

Под активным поиском и контролем за утечками подразумевается [4]:

- совершенствование системы учета воды (модернизация существующего парка и установка современных средств измерений учета расхода воды, установка ультразвуковых расходомеров с цифровым выходом на насосных станциях);

- автоматизированный сбор и анализ информации по потерям воды (расчет водного баланса);

- водный аудит водопотребителей (обследование водомерных узлов на предмет незаконного водопользования через обводные задвижки и врезки до водосчетчика, обследование колодцев на предмет незаконного водопользования, подготовка информации об абонентах в обследуемой зоне (количество жителей, категория абонентов, расчет удельного водопотребления), проведение проверки правильного снятия показаний с водосчетчиков);

- внедрение автоматизированной системы обнаружения повреждений и аварий на сети;

- борьба с несанкционированным водопотреблением.

Для оптимизации технической диагностики трубопроводов и оборудования водопроводной сети необходимо использовать инновационные технологии для поиска скрытых утечек и мест повреждения труб, проводить коррозионные обследования и противокоррозионные мероприятия, комплексную диагностику технического состояния трубопроводов, инструментальный контроль за строительством трубопроводов, а так же использовать геоинформационные технологии автоматизированного контроля и управления эксплуатацией и технической диагностикой труб.

Помимо вышеперечисленных мероприятий, так же эффективным будет создание автоматизированных систем управления давлением на основе использования современной регулирующей арматуры и оптимизация режимов работы системы подачи и распределения воды (организация зон сетевого регулирования; зонирование водопроводной сети; оптимизация режимов работы насосных станций).

Реализация мероприятий по снижению потерь воды в системе коммунального водоснабжения позволит обеспечить повышение надежности и экологической безопасности системы водоснабжения, снизить потери воды, уменьшить ресурсопотребление, повысить энергетическую эффективность.

Положительными эффектами от реализации мероприятий являются следующие факторы:

1. Повышение надежности водоснабжения. В результате повышенного износа, коррозионной активности окружающей среды участки водопроводной сети подвержены разрушению с изливом воды в грунт. Соответственно на период проведения ремонтных работ прекращается или ограничивается подача воды потребителям.

2. Повышение качества подаваемой воды. В результате повреждений трубопроводов до момента их обнаружения и устранения в местах образования свищей в водопроводную сеть могут попасть неочищенные промышленные и бытовые стоки и иные загрязнения. Последние вызывают ухудшение качества водопроводной воды вплоть до состояния, делающего непригодным для использования потребителем. Подобные случаи могут быть причиной не только прямого ущерба для здоровья потребителей, но и финансовых требований о возмещении причиненного им ущерба.

3. Снижение объемов аварийных изливов воды.

4. Снижение затрат капитального характера за счет уменьшения объема ремонтно-восстановительных работ.

5. Снижение эксплуатационных затрат. Увеличение гидравлического сопротивления участков водопроводных труб в результате коррозии влечет за собой снижение рабочего давления в сети, включающей данный участок. Это приводит к перерасходу электроэнергии на транспортировку воды, повышению физического износа трубопровода, увеличению эксплуатационных затрат, возникающих вследствие отклонений рабочего давления от расчетной величины.

б) Повышение деловой репутации водоснабжающего предприятия. Этот фактор, помимо прочего, способен оказать влияние на этапе установления тарифов: потребители и регулирующий орган будут адекватно воспринимать увеличение тарифов на оплату услуг надлежащего качества. Это будет способствовать внедрению новых технологий и развитию системы коммунального водоснабжения в целом.

Данные мероприятия по сокращению потерь воды в целях эксперимента «Мосводоканал НИИ проект» были внедрены на Московском водопроводе. Реализация стратегии позволило снизить величину неучтенных расходов и потерь воды на Московском водопроводе до 6,8% от общей подачи воды.

Список использованных источников

1. Национальный статистический комитет Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Нац. стат. комитет Респ. Беларусь. – Минск, 2018. – Режим доступа : <http://www.belstat.gov.by>. – Дата доступа : 25.08.2019.

2. Лернер А.Д. Неучтенные расходы в системах коммунального водоснабжения и водоотведения // Водоснабжение и санитарная техника. 2005. № 4. С. 9-12.

3. Храменков, С.В. Время управлять водой. – М.: Московские учебники и Картолитогрфия, 2012. – 279 с.

4. Стратегия управления потерями воды / О.Г. Примин // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. – 2014. – №2. – С.56-64.

УДК 681.7

ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫЙ ПЛАЗМЕННЫЙ ГЕНЕРАТОР ДЛЯ ПРОЦЕССА ОЗОНИРОВАНИЯ СТОЧНЫХ ВОД

Веремейчик А. И., Дмухайло Е. И., Сазонов М. И., Хвисевич В. М.

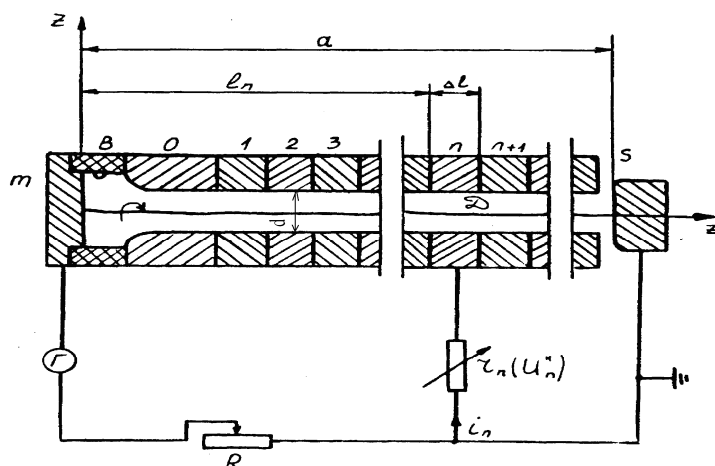
УО «Брестский государственный технический университет», г. Брест

Электродуговые нагреватели газа (плазмотроны) широко применяются для стационарного нагрева газовых сред до состояния низкотемпературной плазмы 5000 К. Использование их в промышленных технологиях обеспечило разнообразие конструктивных решений плазменных устройств. Энергетические и электрофизические характеристики плазмотронов определяются главным образом геометрическими и газодинамическими параметрами разрядной камеры [1–5]. Генераторы кислородной плазмы находят применение в металлургии, химической промышленности, например, получение двуокси титана и озонирование, а также могут применяться для получения озона в различных областях.

Для получения исходных данных для моделирования и разработки плазмотрона, предназначенного для производства озона, были проведены исследования напряженности электрического поля дуги, горящей в кислороде. Характер горения определяет-

ся скоростью обтекания дуги газом. Как известно, при числе Рейнольдса $Re < 2000$ дуга горит в ламинарном потоке газа, а при $Re > 2000$ горение дуги реализуется в турбулентном потоке. Режимы обтекания дуги сильно влияют на процессы преобразования электрической энергии в тепловую.

Исследования дуги проводились на экспериментальном плазмотроне с фиксированной длиной дуги и геометрически подобными электроразрядными камерами. Внутренним электродом служил циркониевый катод диаметром 2 мм, заделанный заподлицо в медную обойму.



s, m – электроды
 $1, 2, 3, \dots, n, n+1$ – секции вставки
 Γ – источник электропитания
 R – балластное сопротивление

Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки

Напряженность электрического поля вдоль дуги E_H определена методом измерения потенциалов изолированных друг от друга секций [4]. Напряженность электрического поля дуги определялась по наклону кривой распределения потенциала вдоль оси z . Диапазоны изменения параметров при исследовании дуги в кислороде следующие: диаметр разрядной камеры $d=0,01-0,03$ мм, расстояние между электродами $a=0,15-0,36$ м, ток дуги $I=30-180$ А, расход кислорода $G=2-4$ г/с. На рисунке 2 изображена типичная зависимость напряженности электрического поля дуги от тока I при расходе газа $G=4$ г/с.

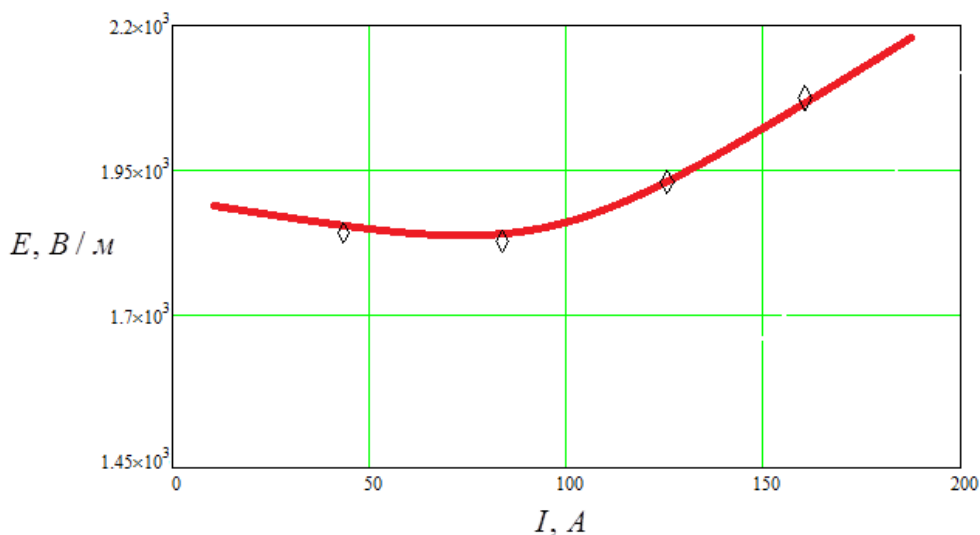


Рисунок 2 – Напряженность электрического поля дуги в потоке кислорода при $d = 1$ см

На основе теории подобия разработана методика расчета плазмотронов. Путем обработки результатов экспериментов и их обобщения получена следующая критериальная формула для расчета E_H дуги в потоке кислорода:

Это позволило вычислить тепловой к.п.д. плазмотрона, энтальпию и среднемассовую температуру T газа в зависимости от величины тока дуги и длины анода при различных расходах газа. Установлено, что тепловой к.п.д. равен 0,6-0,7, а рассчитанная температура достигает 4200 К. Схема плазмотрона приведена на рисунке 4.

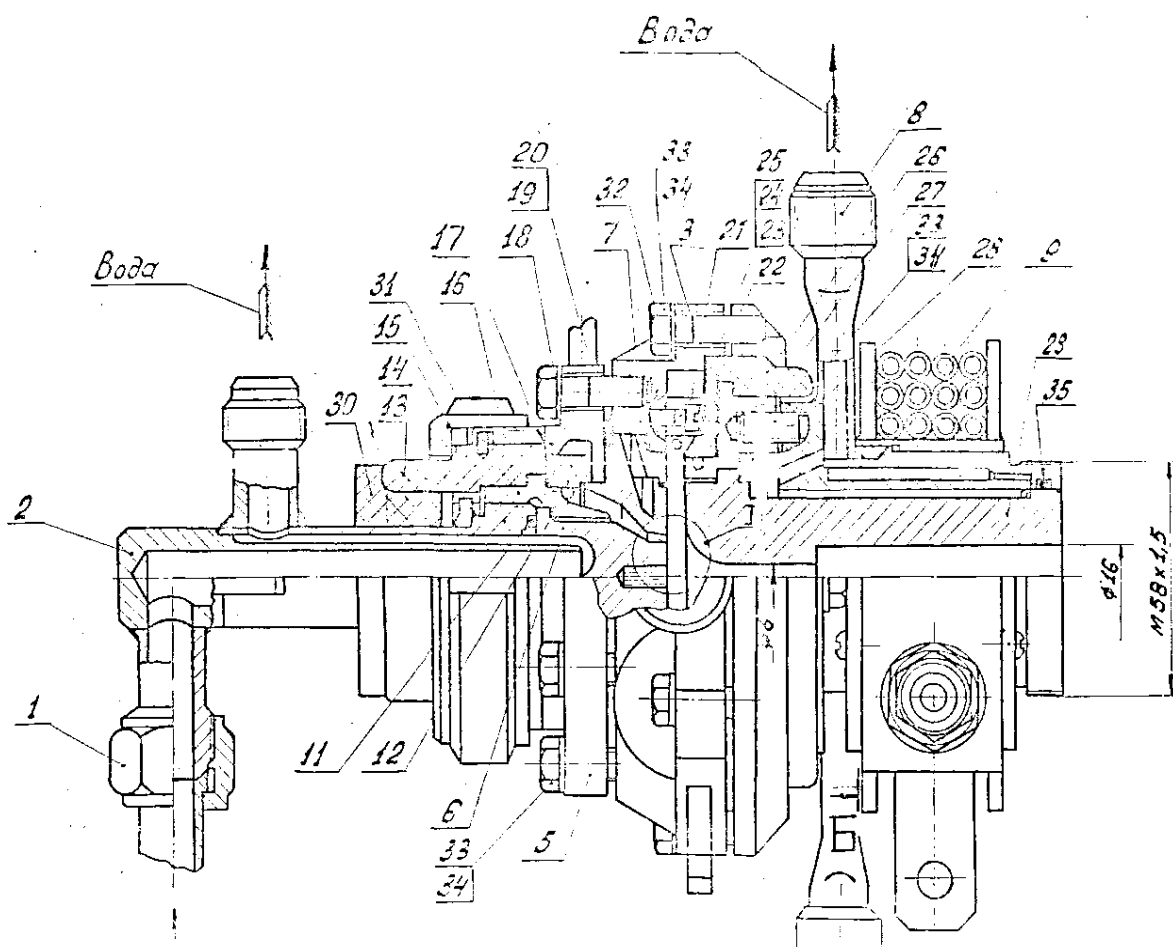


Рисунок 4 – Общий вид плазмотрона

На выходе плазмотрона устанавливается реактор с радиальными отверстиями, через которые подается сточная вода.

Список использованных источников

1. Жуков, М.Ф. Прикладная динамика термической плазмы / М.Ф. Жуков, А.С. Коротеев, Б.А. Урюков. – Новосибирск: «Наука» СО АН. – 1975. – 299 с.
2. Даутов, Г.Ю. Напряженность электрического поля в стабилизированной вихрем дуге / Г.Ю. Даутов, М.И. Сазонов // ПМТФ. – 1967. – №4. – С. 127–131.
3. Бублиевский, А.Ф. Критериальные зависимости для безрасходных электрических дуг в канале / А.Ф. Бублиевский // ИФЖ. – 1997. – Т. 70, № 1. – С. 99-104.
4. Веремейчик, А.И. Исследование электрической дуги в потоке гелия в сильноточном плазмотроне / А.И. Веремейчик, М.И. Сазонов, Д.Л. Цыганов // Приборы и техника эксперимента. – 2006. – № 5. – С. 99–102.
5. Батрак, В.В. Исследование электрической дуги в потоке аргона / В.В. Батрак, А.И. Веремейчик, М.И. Сазонов, В.М. Хвисевич // Вестник Брест. гос. техн. ун-та. – 2008. – № 4 : Машиностроение. – С. 26–28.

ДВИЖЕНИЕ ПУЗЫРЬКОВ ГАЗА В ЗАТОПЛЕННОЙ ГАЗОЖИДКОСТНОЙ СТРУЕ, УДАРЯЮЩЕЙ В ПЛОСКИЙ ЭКРАН

Дмухайло Е. И., Хайко А. С.

УО «Брестский государственный технический университет», г. Брест

Для распределения газожидкостной смеси в аэрационных и флотационных камерах с успехом могут применяться вертикальные затопленные газожидкостные струи, ударяющие в плоский экран. Такая струя была использована для распределения газожидкостной смеси (рабочей жидкости) в устройстве, состоящем из сопла и отбойно-распределительного щита. Основная задача такого устройства – создать факел всплывающих газовых пузырьков, равномерно распределенных по сечению флотационной камеры. Поэтому важно определить, от каких факторов зависит радиус упомянутого факела и выявить характер данной зависимости.

Движение газожидкостной смеси в узле распределения рабочей жидкости представляет собой затопленную турбулентную осесимметричную струю воды, содержащую пузырьки газа (воздуха), ударяющую под углом 90° в плоский экран. Данная задача рассматривалась в [1,2] применительно к турбулентной осесимметричной струе несжимаемой жидкости, распространяющейся в неподвижной среде с теми же физическими свойствами и соударяющейся с плоской поверхностью. Чтобы применять имеющиеся в указанных работах выводы и зависимости, необходимо сформулировать ряд важных условий и допущений:

1. Средний размер пузырьков газа много меньше характерных расстояний, на которых изменяются макроскопические или осредненные параметры системы. Это дает возможность исследовать поведение одиночных пузырьков в сплошной среде (воде);

2. Средний размер пузырьков газа меньше ширины струи;

3. Групповая (коллективная) скорость всплывания пузырьков относительно жидкости много меньше средней скорости движения жидкости в поперечном сечении газожидкостной струи на начальном участке;

4. Турбулентные пульсации скорости движения пузырька во всех направлениях уравновешивают друг друга, поэтому их влияние не учитывается;

5. Относительное газосодержание в струе (по объему) не превышает 5%, что не существенно влияет на профили продольной скорости в струе, на интенсивность расширения струи и позволяет применять расчетные зависимости, указанные в [1,2].

Важнейшими факторами, оказывающими влияние на скорость всплывания одиночного пузырька газа (воздуха) в жидкости, являются: ее вязкость, диаметр пузырька, поверхностное натяжение на границе жидкость-воздух, наличие ПАВ. При расчете скорости всплывания пузырька в затопленной газожидкостной струе необходимо дополнительно учитывать скорость втекания жидкости в струю. В случае горизонтальной пристеночной радиально-вверной струи указанная скорость будет направлена в сторону, противоположную скорости всплывания пузырька под действием силы Архимеда. Таким образом, фактическая скорость подъема пузырька будет результатом алгебраической суммы этих двух скоростей.

Скорость одиночного пузырька (U_0) диаметром 2-5 мм, всплывающего в турбулентном режиме, определяется по формуле [3]:

$$U_0 = \sqrt{\frac{\sigma}{R \cdot (\rho_{жс} - \rho_г)} + g \cdot R \cdot \left(1 - \frac{\rho_г}{\rho_{жс}}\right)}, \quad (1)$$

где σ – коэффициент поверхностного натяжения на границе раздела вода-воздух, H/m^2 ; R – радиус пузырька, m ; g – ускорение свободного падения, m/c^2 ; $\rho_{ж}$ – плотность жидкости (воды), $кг/м^3$; $\rho_в$ – плотность воздуха, $кг/м^3$.

Важнейшим фактором, оказывающим влияние на групповую скорость всплывания пузырьков воздуха в жидкости, является объемное газосодержание (φ), численно равное объему газа, содержащегося в единице объема газожидкостной смеси.

Групповая скорость всплывания пузырьков (U) в общем виде может быть представлена в виде:

$$U=U_0 \cdot F(\varphi), \quad (2)$$

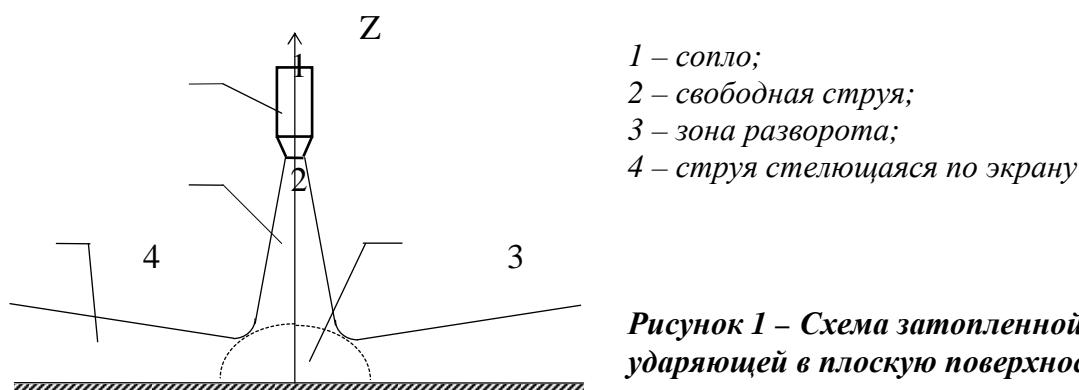
где U_0 – скорость всплывания одиночного пузырька; $F(\varphi)$ – функция, отражающая взаимное торможение пузырьков при их совместном всплывании.

Для пузырьков диаметром 2-5 мм, всплывающих в турбулентном режиме, допускается определять $F(\varphi)$ по формуле [4]

$$F(\varphi) = (1 - \varphi)^{n-1}, \quad (3)$$

где n – показатель степени, равный 1,5-2.

Схематически течение жидкости в рассматриваемом случае можно разбить на три области (рисунок 1): свободную струю, зону разворота и струю, стелющуюся по поверхности экрана.



Параметры течения в свободной струе вплоть до зоны разворота подчиняются обычным закономерностям. Течение в зоне разворота является сложным пространственным течением, которое отличается значительным изменением давления и большой кривизной линий тока. Эта зона имеет поперечный размер порядка диаметра свободной струи перед ее соприкосновением с плоской поверхностью. Движение струи по поверхности экрана носит радиальный характер, причем центром течения является точка пересечения оси свободной струи с плоскостью экрана. Таким образом, в третьей области имеет место затопленная пристеночная радиально-вверная струя.

Опытные данные были получены в ходе лабораторных исследований газожидкостных струй, содержащих пузырьки воздуха диаметром 2-3 мм. Температура воды во время опытов составляла 15,6°С, температура воздуха 17°С. Радиус сопла $R_0=6,75$ мм. Радиус пузырьков, принятый для расчетов, $R=1,5$ мм. Экспериментальные данные и полученный в результате расчета радиус образующейся области всплывающих га-

зовых пузырьков приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Экспериментальные данные и полученный в результате расчета радиус образующейся области всплывающих газовых пузырьков

Расстояние от среза сопла до щита $H, мм$	Расход воды $Q, дм^3/с$	Расход воздуха $q, дм^3/с$	Объемное газосодержание φ	Скорость жидкости на срезе сопла* $V_0, м/с$	Радиус вылета пузырьков (эксперимент) $r_э, мм$	Рассчитанный радиус вылета пузырьков $r_b, мм$	Ошибка интерполяции $\frac{r_b - r_э}{r_b} \cdot 100, \%$
80	0,344	0,018	0,049	2,40	80	81,0	1,20
	0,424	0,020	0,046	2,96	100	95,6	-4,70
	0,620	0,029	0,045	4,33	140	130,7	-7,09
	0,886	0,043	0,046	6,19	180	178,1	-1,08
	1,162	0,057	0,047	8,12	230	227,1	-1,29
60	0,321	0,015	0,046	2,24	70	76,8	8,90
	0,507	0,025	0,047	3,54	110	110,5	0,50
	0,716	0,035	0,046	5,00	160	148,3	-7,86
	0,930	0,047	0,048	6,50	180	186,5	3,49
	1,119	0,055	0,047	7,82	230	220,3	-4,30
40	0,488	0,025	0,048	3,41	100	107,8	7,23
	0,664	0,032	0,046	4,64	150	140,1	-7,04
	0,756	0,037	0,047	5,42	160	160,2	0,13
	0,902	0,044	0,047	6,30	180	183,0	1,62
	1,191	0,063	0,050	8,32	230	234,2	1,80
20	0,501	0,026	0,049	3,50	100	111,5	10,3
	0,812	0,043	0,050	5,69	160	168,6	5,10
	0,909	0,046	0,048	6,35	180	186,2	3,30
	1,178	0,058	0,047	8,23	230	235,0	2,15
10	0,404	0,020	0,048	2,82	100	94,6	-5,74
	0,664	0,033	0,047	4,64	140	143,0	2,13
	0,902	0,046	0,049	6,30	180	186,1	3,27
	1,178	0,061	0,049	8,23	230	236,1	2,57

* Примечание: Скорость жидкости на срезе сопла рассчитана так, как если бы пузырьки воздуха в ней отсутствовали.

Как видно из данных, приведенных в таблице 1, рассчитанный путем последовательного решения систем уравнений (в данной статье не приводится из-за ограниченности объема) радиус вылета пузырьков воздуха удовлетворительно совпадает с экспериментальными данными. Ошибка интерполяции лишь один раз превысила 10%, что является вполне удовлетворительным для инженерных расчетов, с учетом погрешностей измерений и принятых допущений.

Таким образом, приведенный алгоритм расчета может быть рекомендован для вычисления радиуса вылета газовых пузырьков при проектировании узла распределения рабочей жидкости, состоящего из сопла и отбойно-распределительного щита, а также других устройств, использующих принцип удара вертикальной затопленной газожидкостной струи о плоскую преграду.

Список использованных источников

1. Теория турбулентных струй / Г.Н. Абрамович, Т.А. Гиршович, С.Ю. Крашенинников [и др.]. – Изд. 2-е, перераб. и доп.; под ред. Г.Н. Абрамовича. – М.: Наука, 1984. – 716 с.
2. Секундов, А.Н. Исследование взаимодействия струи с близко расположенными экранами / А.Н. Секундов, О.В. Яковлевский // Изв. АН СССР. Механика и машиностроение. – 1964. – N1. – с.104-114.
3. Кутателадзе, С.С. Гидродинамика газожидкостных систем / С.С. Кутателадзе, М.А. Стырикович. – М.: Энергия, 1976. – 296 с.

РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОЙ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ АКТИВНОГО ИЛА

Петров О. А., Гребенчук П. С.

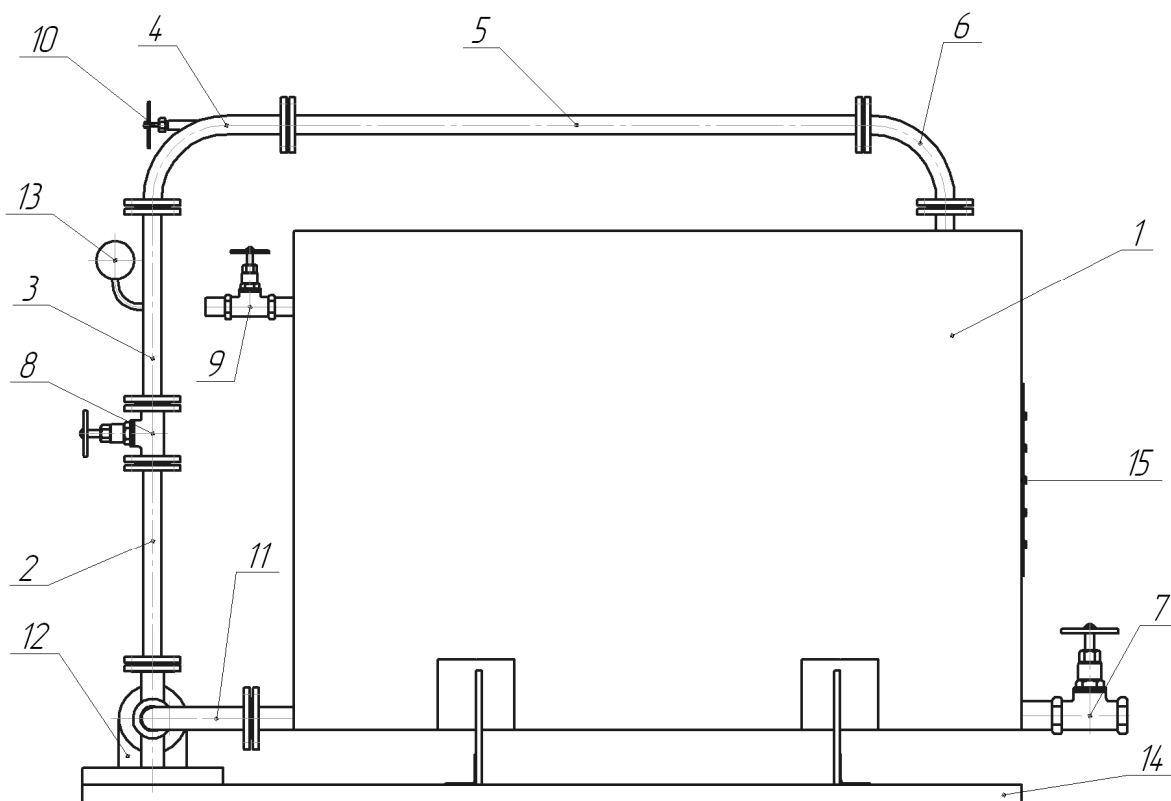
УО «Белорусский государственный технологический университет», г. Минск

Гидродинамическая кавитационная обработка оказывает положительное воздействие на активный ил (АИ), которое заключается в разрушении структурных образований в результате возникновения в объеме обрабатываемого осадка напряжений сдвига, а также в интенсификации выделения биополимеров микроорганизмами активного ила [1]. Это происходит в основном в ходе схлопывания образующихся в объеме жидкости кавитационных пузырьков, что приводит к резкому местному повышению давления и температуры.

Особая эффективность может быть достигнута при использовании явления супер- или сверхкавитации, то есть создания значительных кавитационных полостей – суперкаверн, замыкающихся за пределами рабочих органов (обтекателей) без кавитационного разрушения последних [2]. Кроме того, в суперкавитирующих (СК) аппаратах интенсивность кавитационного воздействия в большей мере определяется режимом течения в хвостовой части и по периферии каверны, а затраты энергии при определенных условиях могут быть на порядок ниже в сравнении, например, с ультразвуковым воздействием.

В ходе ранее проведенных нами экспериментов было установлено оптимальное время воздействия на клетку активного ила, обрабатываемого в суперкавитаторах [1-3]. При меньшем времени обработки снижается количество выделяемых клетками биополимеров, так как запасные резервы клеток не исчерпываются полностью. При большем времени обработки дальнейшее механическое воздействие на клетку приводит к ухудшению дальнейшего процесса флокулирования смеси исходной сточной жидкости и обработанного активного ила, так как клеточные оболочки разрушаются, жизнедеятельность клеток прекращается, а значит, прекращается и выделение ими биополимеров.

Разработанная на основании проведения научно-исследовательской работы гидродинамическая установка показана на рисунке 1. Принцип действия установки заключается в следующем. Вход суспензии осуществляется через патрубок с краном 9. После наполнения емкости 1, кран 9 закрывается и открывается кран 8 для заполнения насоса 12. Далее включается насосный агрегат 12, и жидкость, всасываемая по патрубку 11, начинает циркулировать через нагнетательный трубопровод (части 2 – 6) и емкость 1. Через 30 минут циркуляции открывается кран 7 для слива обработанной суспензии и кран 9 для подачи активного ила. Начинается непрерывная фаза работы. Для предотвращения переполнения емкости предусматривается переливной трубопровод (на схеме не показан), соединяющий верхнюю часть емкости с выходом 7. Для контроля давления используется манометр 13, снабженный мембранным разделителем во избежание засорения рабочих элементов. Для регулирования положения обтекателя в диффузоре гидродинамического кавитатора, а следовательно, сопротивления (давления) и эффективности обработки, имеется регулятор 10. Емкость 1, имеющая технологическое окно 15 для доступа внутрь, визуального наблюдения и контроля уровня, установлена на опорах и вместе с насосным агрегатом 12 монтируется на раме 14, обеспечивающей мобильность установки.



1 – емкость; 2, 3, 4, 5, 6 – нагнетательный трубопровод; 7 – кран сливной; 8, 9 – краны; 10 – регулятор положения обтекателя в диффузоре; 11 – всасывающий трубопровод; 12 – насосный агрегат; 13 – манометр; 14 – рама; 15 – технологическое окно.

Рисунок 1 – Гидродинамическая установка для обработки суспензии АИ

В заключение необходимо отметить, что кавитационные технологии имеют значительные перспективы как в технологических процессах очистки воды, так и при устранении других экологических проблем.

Список использованных источников

1. Петров, О.А. Возможности применения сверхкавитирующих аппаратов в технологиях очистки проточков / О.А. Петров // Водные ресурсы и климат: материалы докладов V Международного Водного Форума: в 2-х ч. – Минск: БГТУ, 2017. – Ч. 1. – С. 111-115.

2. Петров, О.А. Исследование и моделирование гидродинамических кавитаторов / О.А. Петров, П.Е. Вайтехович // Химическая промышленность сегодня. – 2003. – № 12. – С. 52–56.

3. Петров, О.А. Применение суперкавитирующих аппаратов для обработки отходов в жидких средах / О.А. Петров, В.И. Романовский // Вестник БрГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2015. – №2 (92). – С. 82 – 84.

УДК 502.51 : 504.05 : 556.18

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКОЛОГО-РЕКРЕАЦИОННОЙ ЗНАЧИМОСТИ НЕКОТОРЫХ ВОДОЕМОВ Г. БРЕСТА

Кириченко Л. А.

УО «Брестский государственный технический университет», г. Брест

Введение

Территория города Бреста насчитывает более 350 водоемов различного происхождения, назначения и антропогенной нагрузки [1]. Эти водоемы имеют площадь водного зеркала менее 1 км² и малую гидрологическую нагрузку. Поэтому они не включены в реестр водных объектов Республики Беларусь.

Однако в последнее время наблюдается тенденция к увеличению техногенно-антропогенной нагрузки на эти водоемы. Известно, что основными источниками поступления загрязняющих веществ в водные объекты города являются поверхностный ливневый сток, неорганизованные выпуски сточных вод, стихийные свалки на водозаборах. В связи с этим в силу небольших размеров малые водоемы практически не способны справиться с резко возросшей нагрузкой и характеризуются слабой способностью к самоочищению [1].

Однако, так как водоёмы Бреста несут высокую эстетическую, экологическую, социально-психологическую нагрузку, они являются рекреационно-значимыми объектами, расположенными в черте города.

Таким образом, целью данной работы является исследование эколого-рекреационного состояния водоемов г. Бреста.

Объекты и методы исследований

Для определения уровня эколого-рекреационной значимости было выбрано шесть водоемов, расположенных в бассейне р. Западный Буг в пойме р. Мухавец и р. Западный Буг в черте города [2]. Данные водоемы являются непроточными с разными видами антропогенной нагрузки и фактически многофункционального назначения.

Для водоемов, расположенных в городской черте, санитарно-гигиеническое состояние водных объектов определяется следующими действующими гигиеническими нормативами и санитарными нормами и правилами: ГН 2.1.5.10-21-2003, ГН 2.1.5.10-29-2003, СанПиН 2.1.2.12-33-2005[3, 4, 5].

Отбор проб проводился стандартными методиками. Пробы анализировались в течение 24 часов с момента отбора. Гидрохимические показатели определялись потенциометрическими, титриметрическими, фотометрическими методами согласно действующим в РБ ГОСТ и МВИ.

Результаты и обсуждение

По критерию рекреационной значимости (использовании населением в качестве мест отдыха) выделяют три класса водных объектов: незначимые, малозначимые и значимые [6]. В таблице 1 показаны рекреационная значимость изучаемых водоемов и их функциональное назначение.

Таблица 1 – Группировка водоемов г. Бреста по уровню рекреационной значимости

Водоем	Функциональное назначение	Способность к самоочищению	Уровень рекреационной значимости
карьерный водоем Вычулки (1)	Природно-рекреационное, любительский лов	Сохранил способность к самоочищению	Значимый
пруд Зеркалка (2)	Природно-рекреационное, любительский лов	Сохранил способность к самоочищению	Значимый
карьерный водоем Гершонский (3)	Природно-рекреационное, любительский лов	Сохранил способность к самоочищению	Значимый
пруд б.н. (м-рн Гершоны) (4)	Природно-рекреационное, любительский лов	Сохранил способность к самоочищению	Значимый
пруд б.н. по ул. Васнецова(5)	Природно-рекреационное, любительский лов	Сохранил способность к самоочищению	Малозначимый
«Нижний» пруд, парк КиО им. 1 мая (6)	Природно-рекреационное	Не сохранил способность к самоочищению	Малозначимый

Заключение

Содержание железа общего во всех исследуемых водоемах превышает ПДК в несколько раз, что характерно для данного региона.

При исследовании гидрохимических показателей рН воды водоемов соответствует нормативам, кроме карьерного водоема Вычулки.

Исходя из уровня рекреационной нагрузки и данных гидрохимических показателей, карьерный водоем Вычулки испытывает затруднения в самоочищении, наблюдается загрязнение воды биогенными элементами и органическими веществами (превышение значения фосфатов, ХПК). В данный период на озере наблюдается обильное цветение сине-зеленых водорослей, замор рыбы.

Карьерный водоем Гершонский загрязнен ливневыми стоками, это подтверждается превышением величин ХПК и хлоридов. Это вызвано влиянием прилегающей к водоему территории частной застройки, на которой отсутствует ливневая канализация и объекты ее очистки. Аналогичная ситуация наблюдается и на пруду б. н. по ул. Влодавской (микрорайон Гершоны).

Нижний пруд в Парке культуры и отдыха имени 1 мая так же испытывает затруднения в самоочищении, наблюдается повышенный ионный состав и органических веществ.

Таким образом, большинство исследуемых водоемов Бреста испытывают значительные нагрузки вследствие антропогенного загрязнения. Однако для более детального определения степени загрязнения необходимо определение гидробиологических показателей и таких гидрохимических показателей, как азот аммонийный, нитритный и нитратный, содержание анионных СПАВ и нефтепродуктов.

Список использованных источников

1. Кириченко, Л. А. К вопросу геоэкологической оценки водно-болотной системы г. Бреста / Л. А. Кириченко // Актуальные проблемы наук о Земле: использование природных ресурсов и сохранение окружающей среды: сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. Году науки в Респ. Беларусь, Брест, 25-27 сент. 2017 г.: в 2 ч. / Ин-т природопользования НАН Беларуси, Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина, Брест. гос. техн. ун-т; редкол.: А. К. Карабанов [и др.] ; науч. ред. А. К. Карабанов, М. А. Багдасаров. – Брест: БрГУ, 2017. – Ч. 1. – С. 172 – 176.

2. Кириченко, Л.А. Проблемы мониторинга малых водных объектов урбанизированных территорий / Л. А. Кириченко // Мелиорация и сельское строительство. Поиск молодежи: сборник научных трудов студентов, магистрантов, аспирантов и соискателей / Белорусская государственная сельскохозяйственная академия : под ред. Р. А. Другомилова. – Горки: РПЦ «Печатник», 2019. – С. 67 – 68.

3. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования: ГН 2.1.5.10-21-2003.

4. Предельно допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочные допустимые уровни (ОДУ) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования: ГН 2.1.5.10-29-2003 (дополнение № 1 к ГН 2.1.5.10-21-2003 и ГН 2.1.5.10-20-2003).

5. «Гигиенические требования к охране поверхностных вод от загрязнения: Сан ПиН 2.1.2.12-33-2005.

6. Овчарова, Е. П. Геоэкологические критерии для целей реабилитации водных объектов на урбанизированных территориях / Е. П. Овчарова, О. В. Кадацкая // Природопользование. – Вып. 26. – Минск, 2014. – С. 25 – 30.

7. Охрана окружающей среды и природопользование. Аналитический контроль и мониторинг. Правила определения химического (гидрохимического) статуса озерных экосистем: ТПК 17.13-09-2013 (02120).

ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СПОСОБА РЕВЕРСИВНО-РЕАГЕНТНОЙ РЕГЕНЕРАЦИИ ВОДОЗАБОРНЫХ СКВАЖИН

Амелишко И. Е., Ивашечкин В. В.

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

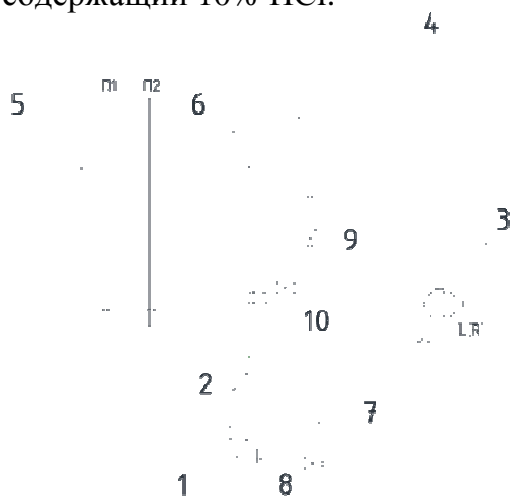
Одна из важнейших социальных задач – обеспечение населения качественной питьевой водой и создание благоприятных условий проживания [1]. Подземные воды широко используются в Республике Беларусь для водоснабжения городов и сельских населенных пунктов. По данным Департамента по геологии Минприроды, в настоящее время на балансе водопользователей находится более 36 тысяч разведочно-эксплуатационных водозаборных скважин.

Основной проблемой при добыче воды из подземных источников является снижение производительности скважин, обусловленное накоплением в отверстиях фильтров, порах гравийной обсыпки и водоносных породах осадков химического и биологического происхождения (кольматанта). К настоящему времени предложен ряд импульсных и комбинированных способов регенерации скважин, однако их апробация в натуральных условиях не всегда подтверждает их эффективность и технологичность, что сдерживает их внедрение в производство [2]. В этой связи задача создания эффективных и простых способов регенерации является актуальной.

В БНТУ предложена установка для реверсивной импульсно-реагентной регенерации водозаборных скважин, состоящая из компрессора, шлангов и погружного устройства, выполненного в виде двухкамерного пневматического насоса вытеснения [3]. Для исследования эффективности регенерации способа реверсивно-реагентной обработки в сравнении с однонаправленной реагентной обработкой предложена лабораторная установка (рисунок 1, 2).

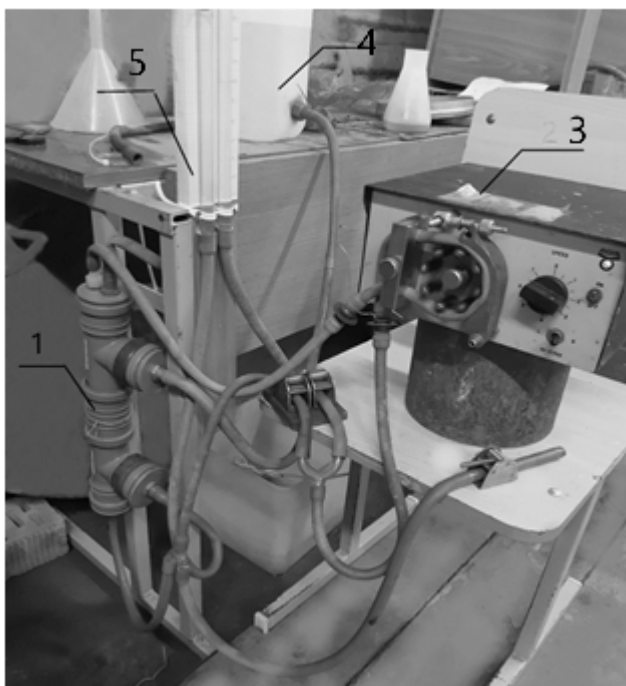
Лабораторная установка состояла из двухкамерного устройства для реверсивной обработки 1, которое имело две камеры, заполненные реагентом, установленные снаружи модели загрязненной гравийной обсыпки фильтра скважины 2. К камерам подключали патрубки перистальтического насоса 3, с помощью которого обеспечивали реверсивное или однонаправленное движение реагента через модель гравийной обсыпки 2. Реагент поступал из бака 4. По пьезометрам 5 снимали показания и определяли потери напора на модели обсыпки.

Методика эксперимента заключалась в определении и сравнении времени очистки закольматированной загрузки способами реверсивно-реагентной регенерации (способ РРР) и однонаправленной реагентной регенерации (способ ОРР). В качестве реагента использовался раствор кислотного очищающего средства «Дескам» (ТУ РБ 37430824.001-97), содержащий 10% HCl.



- 1 – двухкамерное устройство для реверсивной обработки;
- 2 – модель загрязненной гравийной обсыпки фильтра скважины;
- 3 – перистальтический насос;
- 4 – бак с реагентом;
- 5 – пьезометры;
- 6 – трубка для отвода газа;
- 7 – сбросная трубка;
- 8, 9, 10 – задвижки

Рисунок 1 – Схема лабораторной установки



1 – двухкамерное устройство для реверсивной обработки;
 3 – перистальтический насос;
 4 – бак с реагентом;
 5 – пьезометры

Рисунок 2 – Общий вид лабораторной установки

Способ реверсивно-реагентной регенерации (РРР)

Модель гравийной обсыпки с закольматированной загрузкой устанавливали в модель устройства 1. Далее из бака 4 реагентом заполняли все устройство. Затем перистальтический насос качал реагент через закольматированную обсыпку в одну сторону 30 секунд, далее производили переключение насоса, и реагент двигался в обратную сторону 30 секунд. Это составляло один цикл очистки. На 20 цикле закольматированная обсыпка достигла показателей чистой обсыпки.

Способ однонаправленной реагентной регенерации (ОРР)

Цилиндр с закольматированной загрузкой устанавливали в модель устройства 1. Перистальтический насос качал реагент через закольматированную загрузку в одну сторону 60 секунд (направление движения реагента не меняли на протяжении всей регенерации). Это составляло один цикл очистки. На 36 цикле закольматированная обсыпка достигла показателей чистой обсыпки.

Результаты эксперимента представлены на графике зависимости перепада напора на модели обсыпки от продолжительности очистки (рисунок 3).

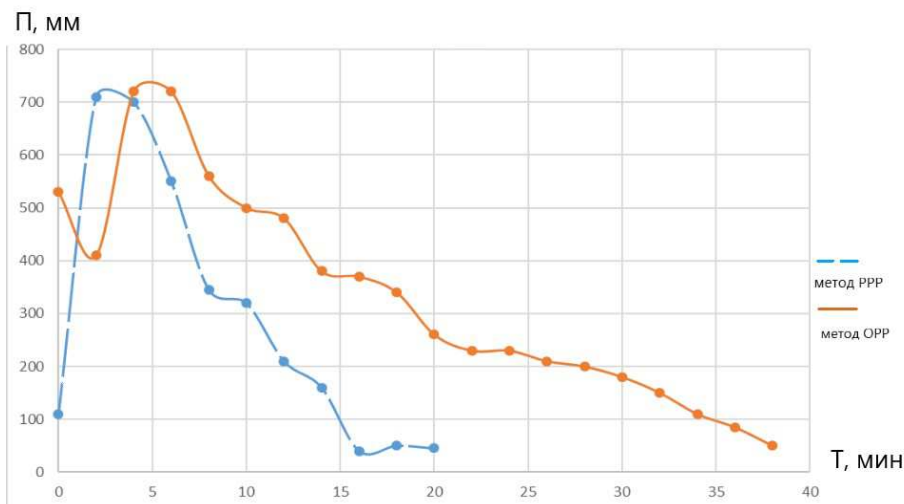


Рисунок 3 – График зависимости перепада напора на модели обсыпки от продолжительности очистки способами реверсивно-реагентной регенерации (РРР) и однонаправленной реагентной регенерации (ОРР)

Анализ данных эксперимента показал:

1. В первые минуты очистки разница показаний пьезометров увеличивается по сравнению с показаниями закольматированной загрузки. Это происходит из-за образования углекислого газа при реакции реагента и кольматанта, что затрудняет проход реагента через загрузку.

2. Применение способа реверсивно-реагентной регенерации значительно сокращает время очистки закольматированной загрузки в сравнении со способом однонаправленной реагентной регенерации. Это, вероятно, связано с тем, что при реверсивном способе зерна кольматанта обрабатываются раствором более равномерно за счет реверса потока реагента, лучше удаляются газы, которые накапливаясь в порах, создают вторичный кольматаж загрузки и блокируют реакцию растворения.

Список использованных источников

1. Водный кодекс Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kodeksy.by/static/vodnyy-kodeks.pdf>. – Дата доступа: 21.06.2018.

2. Гаврилко, В.М. Фильтры буровых скважин / В.М. Гаврилко, В.С. Алексеев. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Москва: Недра, 1976. – 345 с.

3. Устройство для циркуляционной обработки скважин на воду: пат. Респ. Беларусь, МПКС1, E21B43/00/ В. В. Ивашечкин, И. Е. Иванова; заявитель Белор. нац. техн. ун-т. – № 201500472; заявл. 07.04.2015, опубл. 31.10.2016.

УДК 628.311

АНАЛИЗ И ПРОГНОЗ РАСХОДОВ И НАГРУЗОК СТОЧНЫХ ВОД, ПОСТУПАЮЩИХ НА ОЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ КАНАЛИЗАЦИИ ГОРОДА БРЕСТА

Яловая Н. П., Бурко В. А.

Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь, yalnat@yandex.by

Реконструкция очистных сооружений канализации (далее – ОСК) города Бреста в настоящее время направлена на достижение показателей очистки сточных вод обще-европейских экологических стандартов.

Для определения долгосрочных прогнозных показателей, расходов и нагрузок на очистные сооружения канализации города Бреста после их реконструкции был проведен анализ расходов и нагрузок сточных вод, поступавших на очистные сооружения канализации города Бреста за период 2009-2018 гг. Как показали аналитические данные расходов и нагрузок сточных вод, на протяжении последних лет наблюдалось небольшое, но стабильное уменьшение расходов сточных вод, обусловленное установкой счетчиков воды населением. В связи с перепрофилированием промышленности города изменился и качественный состав стоков.

В период 2011-2014 нагрузка на ОСК по различным загрязняющим веществам изменялась в широком диапазоне. В частности, в 2012 и 2013 годах произошло увеличение нагрузки по БПК, азоту (рисунок 1) и фосфору (рисунок 2), связанное в основном с вводом в эксплуатацию биогазовой установки КПУП «Мусороперерабатывающий завод», которая начала осуществлять сброс загрязняющих веществ на Брестские очистные сооружения. С целью уточнения возможной величины нагрузок, создаваемых этим объектом, был составлен баланс твердых веществ и биогенных элементов по биогазовой установке. Результаты балансового расчета показали, что увеличение нагрузки на очистные сооружения не может быть в полной мере объяснено

поступлением стоков от биогазовой установки. Возможно, увеличенные нагрузки были связаны с проблемами в период запуска биогазовой установки либо с поступлением необычных стоков от других промышленных источников.

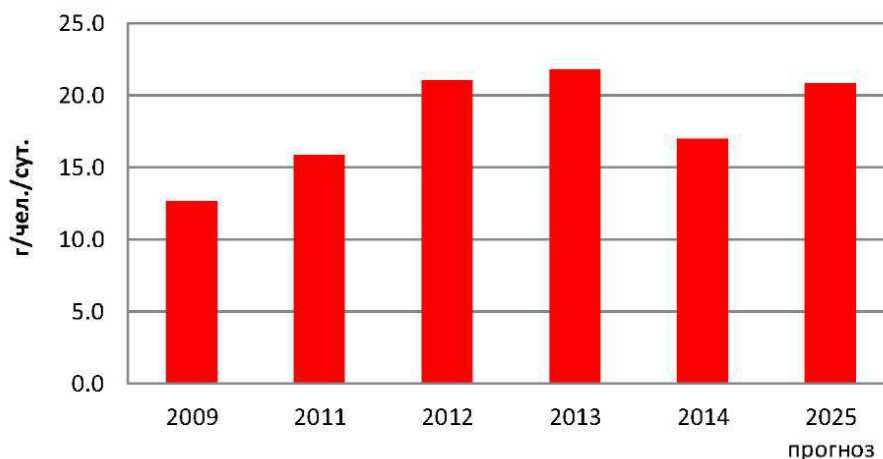


Рисунок 1 – Удельная нагрузка по азоту общему, г/чел./сут.

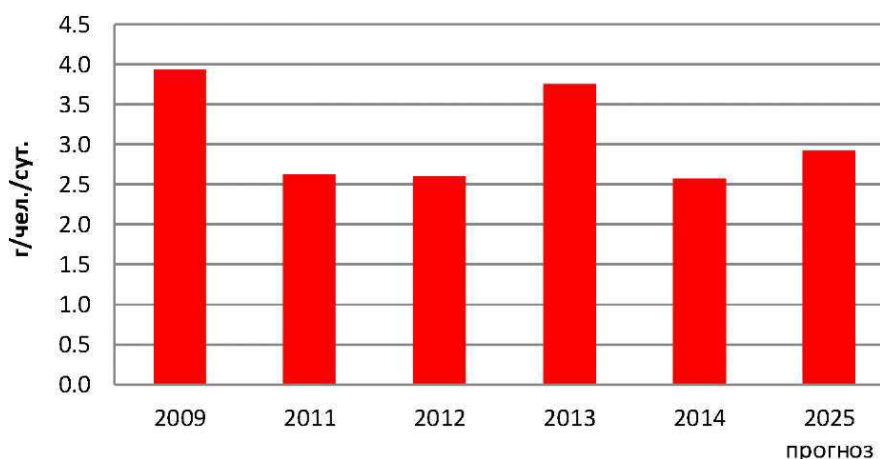


Рисунок 2 – Удельная нагрузка по фосфору общему, г/чел./сут.

Не располагая данными за более продолжительный период, сложно сделать однозначный вывод о том, какая часть периода 2012-2014 гг. является исключительной, а какая представляет обычную ситуацию. В любом случае, нельзя полностью исключить возможность того, что в будущем в течение длительного периода на очистные сооружения будут поступать повышенные нагрузки, подобные наблюдавшимся в 2012 и 2013 годах. Поэтому для описания текущей ситуации для прогноза были приняты средние значения расходов и нагрузок на ОСК за период 2012-2014 гг., т. е. за период, когда биогазовая установка уже находилась в эксплуатации.

Для прогнозирования расходов и нагрузок на 2025 год были приняты следующие исходные допущения:

- численность населения, подключенного к канализационной сети города Бреста в 2025 году, составит 321750 человек. Обновленные сведения о численности населения не были предоставлены, в связи с чем для прогноза использовались прогнозные значения из обоснования инвестиций, подготовленного в 2010 году;

- среднесуточное поступление промышленных стоков от других источников, помимо биогазовой установки, принято со значением 6400 м³/сут. (показатель 2010 года);

- удельный показатель образования муниципальных стоков будет снижаться на 1% в год. Это соответствует уменьшению бытового водопотребления и наблюдаемой тенденции на ОСК;

– нагрузка на душу населения, создаваемая муниципальными стоками, в 2011 году составляла 12,0 г/чел./сут. и увеличивается на 1% в год. Это соответствует тенденции, которая постоянно наблюдалась на протяжении 20 лет в странах Северной Европы и в России. Содержание азота в сточных водах повышается с ростом уровня жизни и увеличением потребления мяса;

– остальные удельные показатели нагрузки остаются на их нынешнем уровне, который принят со следующими значениями:

- БПК₅ – 60 г/чел./сут.;
- взвешенные вещества – 70 г/чел./сут.;
- фосфор общий – 2,0 г/чел./сут.;

– расходы и нагрузки, создаваемые муниципальными стоками, будут изменяться прямо пропорционально численности обслуживаемого населения, в соответствии с удельными показателями, приведенными выше;

– расходы и нагрузки, создаваемые промышленными стоками, в течение рассматриваемого периода изменяться не будут.

На основании вышеизложенных исходных допущений были получены прогнозные значения расходов сточных вод и нагрузок на 2025 год, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Прогнозные показатели, расходы и нагрузка на очистные сооружения канализации города Бреста

Параметр	Единицы измерения	2012-2018			Прогноз, 2025			
		Среднегодовой Всего	Муниципальный	Промышленный	Муниципальный	Промышленный	Всего	
Обслуживание населения	чел.	301471	301471	-	321750	-	321750	
Расход	средний	м ³ /сут.	83766	76758	7007	73348	7007	80400
	экв. нас.	м ³ /чел./сут.	0,278	0,255	-	0,228	-	0,250
	макс. мес.	м ³ /сут.	95215	-	-	-	-	91800
	макс. сут.	м ³ /сут.	118907	-	-	-	-	115500
БПК ₅	нагрузка	кг/сут.	21864	18088	3775	19305	3775	23100
	экв. нас.	г/чел./сут.	73	60	-	60	-	72
	концентрация	мг/дм ³	261	236	539	263	539	287
Взвешенные вещества	нагрузка	кг/сут.	22314	21103	1211	22523	1211	23700
	экв. нас.	г/чел./сут.	74	70	-	70	-	74
	концентрация	мг/дм ³	266	275	173	307	173	295
Общий азот	нагрузка	кг/сут.	6002	3618	2384	4308	2384	6700
	экв. нас.	г/чел./сут.	19,9	12,0	-	13,4	-	20,8
	концентрация	мг/дм ³	72	47	340	59	340	83
Общий фосфор	нагрузка	кг/сут.	897	603	294	644	294	940
	экв. нас.	г/чел./сут.	3,0	2,0	-	2,0	-	2,9
	концентрация	мг/дм ³	10,7	7,9	42,0	8,8	42,0	11,7
Температура	максимальная	°С	23,7	-	-	-	-	23,7
	минимальная	°С	13,0	-	-	-	-	11,4

Таким образом, как показал анализ нагрузок сточных вод по азоту общему, при реконструкции ОСК требуется предусмотреть дополнительный объем аэрации. Для этого планируется построить две новые линии аэрации П-образной формы, идентичные строящейся линии «49».

Конфигурация новых аэротенков будет основана на Йоханнесбургском процессе, чтобы обеспечить удаление фосфора и азота биологическим способом.

СОДЕРЖАНИЕ

КРАТКАЯ ИСТОРИЯ СТАНОВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ КАФЕДРЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ, ВОДООТВЕДЕНИЯ И ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ <i>Белов С. Г.</i>	3
ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ БРИКЕТИРОВАННОГО ТОРФА ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ <i>Житенёв Б. Н., Сенчук Д. Д.</i>	5
ОЧИСТКА ВОДЫ ОТ ЖЕЛЕЗООРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИЕЙ <i>Житенёв Б. Н., Рыбак Е. С., Василевич В. А., Гизмонт Д. В.</i>	9
К ВОПРОСУ НАЗНАЧЕНИЯ ПРОЕКТНЫХ ОТМЕТОК ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ <i>Волчек А. А., Шпока И. Н., Шпока Д. А.</i>	13
О НЕОБХОДИМОСТИ НАПИСАНИЯ ПОСОБИЯ ПО КАНАЛИЗАЦИИ <i>Ануфриев В. Н., Волкова Г. А.</i>	15
МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА РЕКИ МУХАВЕЦ <i>Волчек А. А., Таратенкова М. А.</i>	18
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ НИТРАТОВ МЕТОДОМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ <i>Андреюк С. В., Житенев Б. Н.</i>	23
ПОЧВЕННАЯ ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД СВИНОКОМПЛЕКСА ОТ САНИТАРНО-ПОКАЗАТЕЛЬНОЙ МИКРОФЛОРЫ <i>Чезлова О. Е., Волчек А. А.</i>	26
ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ ПОВТОРНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОКРАШЕННЫХ ПРОМЫВНЫХ ВОД НА ТЕКСТИЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ <i>Наумчик Г. О.</i>	28
РАЦИОНАЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ ФТОРСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД <i>Урецкий Е. А., Мороз В. В., Яскевич Я.М.</i>	31
КОАГУЛЯНТЫ ИЗ ОТХОДОВ ВОДОПОДГОТОВКИ <i>Осинин М. С.</i>	33
О ПРОБЛЕМНЫХ СИТУАЦИЯХ ВОДООТВЕДЕНИЯ СТОЧНЫХ ВОД С ТЕРРИТОРИИ ОБЪЕКТОВ ПРИДОРОЖНОГО СЕРВИСА <i>Басалай Е. Н., Лицкевич А. Н.</i>	35
АНАЛИЗ СИСТЕМ ВОДООЧИСТКИ ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ <i>Лицкевич А. Н., Гулькович М. В.</i>	38
КИСЛОТНОЕ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ ЖЕЛЕЗА И АЛЮМИНИЯ ИЗ ОСАДКОВ КОАГУЛЯЦИИ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД <i>Осинин М. С.</i>	40
ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ МЕМБРАН В ЭЛЕКТРОДИАЛИЗНЫХ УСТАНОВКАХ В ПРОЦЕССАХ ОБЕССОЛИВАНИЯ ВОДЫ <i>Левчук Н. В., Новосельцева А. Г.</i>	42
ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ГОРОДСКИХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ – КАК ОСНОВА ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ <i>Левкевич В. Е., Лосицкий В. А.</i>	44
К ВОПРОСУ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ОБОЕВ <i>Децук В. С.</i>	47

МОДИФИЦИРОВАННЫЕ УГЛИ ДЛЯ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД <i>Клебеко П. А.</i>	49
ФОТОКАТАЛИЗАТОРЫ ИЗ ОТХОДОВ СТАНЦИЙ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ <i>Пилипенко М. В.</i>	50
МЕХАНИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД МОЛОКОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА БЕЗНАПОРНЫХ ГИДРОЦИКЛОНАХ <i>Акулич Т. И.</i>	53
ОПЫТ УДАЛЕНИЯ МИКРОПЛАСТИКА ИЗ ВОДНОЙ СРЕДЫ В ЕВРОПЕ И МИРЕ <i>Толкач Г. В.</i>	55
ПОТЕРИ ВОДЫ В СИСТЕМАХ КОММУНАЛЬНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ И СПОСОБЫ ИХ СНИЖЕНИЯ <i>Столярчук А. А.</i>	58
ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫЙ ПЛАЗМЕННЫЙ ГЕНЕРАТОР ДЛЯ ПРОЦЕССА ОЗОНИРОВАНИЯ СТОЧНЫХ ВОД <i>Веремейчик А. И., Дмухайло Е. И., Сазонов М. И., Хвусевич В. М.</i>	60
ДВИЖЕНИЕ ПУЗЫРЬКОВ ГАЗА В ЗАТОПЛЕННОЙ ГАЗОЖИДКОСТНОЙ СТРУЕ, УДАРЯЮЩЕЙ В ПЛОСКИЙ ЭКРАН <i>Дмухайло Е. И., Хайко А. С.</i>	64
РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОЙ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ АКТИВНОГО ИЛА <i>Петров О. А., Гребенчук П. С.</i>	67
ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКОЛОГО-РЕКРЕАЦИОННОЙ ЗНАЧИМОСТИ НЕКОТОРЫХ ВОДОЕМОВ Г. БРЕСТА <i>Кириченко Л. А.</i>	68
ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СПОСОБА РЕВЕРСИВНО-РЕАГЕНТНОЙ РЕГЕНЕРАЦИИ ВОДОЗАБОРНЫХ СКВАЖИН <i>Амелишко И. Е., Ивашечкин В. В.</i>	72
АНАЛИЗ И ПРОГНОЗ РАСХОДОВ И НАГРУЗОК СТОЧНЫХ ВОД, ПОСТУПАЮЩИХ НА ОЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ КАНАЛИЗАЦИИ ГОРОДА БРЕСТА <i>Яловая Н. П., Бурко В. А.</i>	74

Научное издание

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ПРИРОДНЫХ И СТОЧНЫХ ВОД

Сборник статей
региональной научно-технической конференции

26 сентября 2019 г.

Ответственный за выпуск: Белов С.Г.
Редактор: Боровикова Е.А.
Компьютерная вёрстка: Соколюк А.П.
Корректор: Никитчик Е.В.

Издательство БрГТУ.

Свидетельство о государственной регистрации
издателя, изготовителя, распространителя печатных
изданий № 1/235 от 24.03.2014 г., № 3/1569 от 16.10.2017 г.
Подписано в печать 17.09.2019 г. Формат 60x84 ¹/₁₆.
Бумага «Performer». Гарнитура «Times New Roman».
Усл. печ. л. 4,65. Уч. изд. л. 5,0. Заказ № 1156.
Тираж 40 экз. Отпечатано на ризографе учреждения
образования «Брестский государственный технический
университет». 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

ISBN 978-985-493-466-2

